COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUARANTE-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1908.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1908

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1908.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse une ampliation du décret par lequel M. le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *Henri Becquerel*, pour occuper le poste de Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, vacant par suite du décès de M. *A. de Lapparent*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Henri Becquerel prend place au Bureau de l'Académie.

M. **Henri Becquerel**, en prenant place au Bureau comme Secrétaire perpétuel, adresse ses remercîments à l'Académie.

PHILOSOPHIE DES SCIENCES. — *Sur une hypothèse fondamentale, implicitement admise dans notre enseignement classique de l'Astronomie.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. Il ne me paraît pas que les auteurs des Cours d'Astronomie aient remarqué le rôle capital conservé encore implicitement, dans notre enseignement de cette Science, par l'antique double hypothèse de la *circularité* et de l'*uniformité* des mouvements planétaires, du moins sous la forme élargie qui consiste à admettre pour toute planète, dans son mouvement par rapport au

Soleil, une trajectoire *fermée* et décrite *périodiquement*. Cette double hypothèse était évidemment indispensable, pour obtenir une représentation un peu précise, aux anciens qui, sans elle, faute de pouvoir apprécier à l'œil nu les changements du diamètre apparent d'une planète, n'auraient su où la situer, à chaque instant, le long du rayon visuel suivant lequel ils la percevaient. Mais, même pour nous armés d'instruments perfectionnés, et ceux-ci fussent-ils en état de nous renseigner exactement sur les diamètres apparents successifs de chaque planète ou, par suite, sur les variations relatives de son rayon vecteur émané de notre œil, le diamètre effectif (censé invariable) de l'astre reste inconnu et laisse indéterminé le rayon vecteur de la planète à l'époque choisie comme origine des temps. Or, exception faite pour la Lune, l'Astronomie attribue à ce rayon vecteur initial, *par pure hypothèse,* une valeur qui, amenant au voisinage du Soleil la situation *moyenne* de la planète, fait effectuer à celle-ci ses mouvements, *par rapport au Soleil,* dans une orbite *fermée* et *périodiquement;* de manière que la vitesse de l'astre, après une révolution, redevienne la même en chaque point de l'orbite.

Il se trouve que, pour toute planète, une telle orbite, parcourue ainsi périodiquement, et qui est une ellipse avec le Soleil pour foyer, décrite conformément à la loi des aires, existe à fort peu près, *en tant que possible,* durant les intervalles de temps qui ne comprennent pas un nombre trop grand de révolutions, ou abstraction faite des perturbations dues aux actions mutuelles des planètes. Or cette circonstance, de la double possibilité d'une orbite fermée (et même plane) décrite périodiquement, constitue une simplification du problème tellement capitale, tellement saisissante pour la raison, que l'intelligence y voit d'instinct un caractère moralement certain de réalité, et qu'elle accepte l'orbite en question comme orbite vraie, ou le rayon vecteur initial et le diamètre qui y conduisent, comme étant les rayon vecteur et diamètre effectifs de l'astre.

C'est également le principe de simplicité qui nous fait admettre à notre insu deux autres hypothèses, plus naturelles encore, et indispensables. Je veux dire, en premier lieu, la localisation de toute planète suivant la direction où elle nous paraît être (à part les légères déviations de sa lumière attribuables, dans chaque plan vertical, à l'atmosphère terrestre); en deuxième lieu, l'invariabilité des dimensions, spécialement pour le Soleil, dont les variations apparentes de grandeur nous renseignent, par suite, sur la forme de l'orbite terrestre.

II. Les quelques mesures de parallaxes résultant de la comparaison des observations effectuées simultanément *de divers points de notre globe* n'ont

pu, par elles-mêmes, suppléer à aucune des précédentes suppositions; car on n'en a déduit, jusqu'ici, les distances mutuelles des divers corps du système solaire, comparativement au rayon de la Terre, qu'en s'appuyant sur la connaissance préalable de leurs rapports, c'est-à-dire sur la forme du système à chaque instant, *censée déjà déterminée*.

Toutefois, de précieux contrôles de la distance de la Terre au Soleil ainsi obtenue sont fournis : 1° par la concordance de la vitesse de la lumière qu'ont mesurée les physiciens sur notre globe et de la vitesse avec laquelle les rayons venus des satellites de Jupiter parcourent un diamètre de l'orbite terrestre, double de cette distance; 2° par le rapport (qui se déduit encore de celle-ci) de la vitesse de la Terre dans son orbite à celle même de la lumière, trouvé tel que le donne l'observation de l'aberration annuelle des étoiles fixes. Mais l'explication de ces phénomènes optiques introduit elle-même de nouvelles et assez nombreuses hypothèses, très naturelles il est vrai; de sorte qu'il faut accepter justement le *principe de simplicité* considéré ici, pour voir dans ces concordances des preuves suffisantes de la réalité des explications données. Et l'on pourrait en dire autant, quoique à propos d'hypothèses différentes, de la confirmation de la même valeur pour la distance du Soleil, qui résulte, dans la Mécanique céleste, du calcul de certaines perturbations planétaires, directement observables d'autre part.

Sans doute une extrême vraisemblance, pratiquement équivalente à la certitude, résulte de telles vérifications empruntées à des sources *différentes*, ou dérivant d'inductions suggérées par plusieurs ordres distincts de phénomènes. Mais, mathématiquement, la démonstration reste incomplète ; et elle ne cesserait pas de l'être, quand même les vérifications dont il s'agit seraient moins rares et plus précises qu'elles ne le sont en réalité [1]. Car on s'aper-

---

[1] D'ailleurs leur introduction dans l'enseignement classique de l'Astronomie, dès l'exposé même des observations fondamentales sur lesquelles s'édifie la théorie du système solaire, compliquerait et alourdirait trop la démonstration pour qu'il n'y eût pas avantage à recourir encore, du moins dans une première étude, aux deux suppositions d'orbites fermées et décrites périodiquement, sans compter les deux autres hypothèses mentionnées, savoir l'invariabilité, pour chaque astre, de ses dimensions et l'absence, dans les espaces *interplanétaires*, de tout milieu réfringent qui pourrait dévier les rayons lumineux.

Quant à l'absence de tels milieux réfringents dans les espaces *interstellaires*, il ne serait pas indispensable de l'admettre. Car les *points de repère* que nous fournissent les étoiles, pour déterminer les directions dans le ciel, continueraient à exister et à nous rendre le même service, si les rayons lumineux émis par chaque étoile décrivaient,

çoit, en y réfléchissant, qu'elles portent en bloc sur une multitude d'hypothèses, presque instinctives pour la plupart, et qu'on n'a pas même encore dégagées nettement, bien loin qu'on soit en mesure de fixer le degré de confirmation de *chacune* par les constatations d'*ensemble* énumérées.

III. La fermeture de l'orbite des planètes autour du Soleil et la périodicité de leur translation dans cette orbite ont donc été jusqu'ici, en quelque sorte, comme un résidu toujours subsistant, ou *toujours indispensable,* de la double supposition des anciens sur la nature circulaire et uniforme du mouvement des astres, hypothèse qu'il a fallu à plusieurs reprises élargir, à mesure que les observations devenaient plus exactes.

A la vérité, la condition de fermeture de l'orbite déterminant, grâce à des observations assez multipliées faites durant chaque période, toutes les positions de la planète durant cette période, le premier des deux caractères suffirait, si les diamètres apparents pouvaient être obtenus avec une grande précision. Mais, comme il s'en faut de beaucoup qu'on en soit là, l'hypothèse de la périodicité peut, une fois la période déterminée, dispenser de la mesure des diamètres apparents, en permettant de voir de plusieurs points de l'orbite terrestre une planète en un même point de son orbite propre, après une ou plusieurs révolutions, et de construire ainsi des triangles déterminant ce point dans l'espace. C'est ainsi, comme on sait, qu'a procédé Képler pour l'orbite de Mars, la plus excentrique des principales orbites planétaires et qui était, par suite, la plus propre à révéler leur forme elliptique.

IV. En résumé, la moins imparfaite des Mathématiques appliquées, l'Astronomie, n'a pas pu encore, malgré la longue durée, plus de vingt fois séculaire, qu'a demandée son élaboration, se passer d'hypothèses très

---

avant de parvenir dans nos régions, des courbes quelconques au lieu de lignes droites, pourvu que ces courbes affectassent une suffisante fixité et, par suite, en nous atteignant, une orientation invariable.

De fait, le petit pouvoir dispersif des espaces célestes, pour le spectre visible des radiations émises par certaines étoiles à lumière périodiquement et rapidement variable, pouvoir que paraît avoir récemment constaté M. Charles Nordmann (*Comptes rendus,* t. CXLVI, 10 et 24 février 1908, p. 266 et 383), semblerait indiquer la présence d'une matière pondérable transparente, disséminée çà et là, dans des régions étendues de ces espaces. Car l'on hésite à attribuer, s'il existe, ce pouvoir dispersif, *malgré sa petitesse* (quelque chose comme 1 demi-millionième), à l'*éther libre,* qui s'est montré jusqu'ici le type idéal de la simplicité et de l'uniformité dans ses propriétés élastiques, en tant qu'agent de transmission des ondes calorifiques et lumineuses.

simples sans doute, mais nullement évidentes, ni même démontrées en toute rigueur par l'accord de leurs conséquences (vérifiables) avec les faits. Car non seulement la fermeture approchée des orbites et la périodicité du mouvement en leurs divers points ne semblaient pas devoir être, par elles-mêmes, des circonstances inévitables, mais les deux hypothèses, plus naturelles, de rayons lumineux partout rectilignes dans les espaces interplanétaires, et de dimensions constantes pour chaque astre, ne s'offrent pas non plus à l'esprit comme certaines, rien ne prouvant *a priori* que, loin de la Terre, l'espace soit vide de tout milieu réfringent apte à dévier la lumière, ni même que les astres soient incapables de changer rapidement de volume et de forme. Mais il suffit que de telles suppositions nous paraissent compliquées et invraisemblables pour que le bon sens les écarte purement et simplement, en l'absence de faits palpables qui obligeraient à les introduire.

Et il sied à l'astronome de se montrer aussi accommodant que le bon sens, puisque une plus grande exigence de sa part, au lieu de produire plus de lumière, entraînerait des doutes impossibles à lever et empêcherait d'accepter des lois fécondes, belles, utiles, que l'observation n'a jamais démenties.

V. C'est une chose vraiment admirable que la facilité naturelle de l'esprit à accepter les vraisemblances pour des certitudes, sans même se douter de la confusion ainsi produite, tant que l'expérience ne vient pas la mettre en vue. Privés de cette facilité, il nous aurait été impossible d'acquérir les connaissances indispensables à la conservation de notre vie. Et l'on voit que, même dans les études spéculatives, nous n'aurions pu pousser tant soit peu loin l'exploration des idées et des phénomènes, sans l'humble acceptation, au moins provisoire, des simples vraisemblances, tant sont bornées nos lumières et imparfaits nos moyens de connaître.

Le principe de simplicité suffit au bon sens, dans bien des cas essentiels, pour exclure toute possibilité sérieuse d'erreur et produire en nous le sentiment de la certitude. Ce principe se confond alors avec celui même d'*économie* ou de *moindre effort*, en tant que nous appliquerions ce dernier à nous-mêmes, à notre propre action, puisqu'il faut d'autant moins de peine à notre intelligence, pour saisir et retenir les faits et les idées, que nous les concevons plus simples.

Seul, l'esprit critique, aiguisé et mis en défiance par la constatation des multiples erreurs échappées à la précipitation de nos jugements, souffre d'avoir à se contenter de preuves aussi peu rigoureuses. Et il est cependant

obligé de le faire pour les assertions fondamentales que ne dément pas une longue expérience. En effet, s'il ne se résignait pas humblement à les accepter malgré les difficultés qui y subsistent, son attitude équivaudrait à refuser la seule lumière que comporte notre nature; et il arriverait bientôt à un aveuglement total, aucune base pour ses raisonnements, aucun principe à sa portée, n'étant assez indépendant des points douteux pour n'être pas ébranlé plus ou moins par l'incertitude dont ceux-ci sont atteints.

C'est surtout du côté des *principes* que l'homme de science et le philosophe doivent se résigner à ne fouiller qu'avec une discrétion, une délicatesse de touche extrêmes; car il n'y a pas, je crois, d'exemple que le raisonnement ait jamais pu y réédifier ce qu'il avait un instant mis en doute.

La tentation est, à la vérité, presque irrésistible, de savoir d'où nous viennent, à la fois, et nos idées claires, et les lueurs inspiratrices confuses, plutôt senties que vues, du milieu desquelles surgissent ces idées, comme émerge jusqu'à la lumière, du sein d'une mer insondable et sans bornes, une île perdue. Mais toutes ces notions, claires ou obscures, ne trouvent sans doute leur unité, leur source commune, qu'à des profondeurs inaccessibles à nos esprits, puisque nos recherches pour l'apercevoir n'aboutissent qu'à nous donner le vertige. Comme on l'a dit sinon en propres termes, du moins à peu près, creuser sous les racines de la Science, c'est l'arracher, et non la cultiver.

VI. Une exploration attentive des bases de nos autres sciences physico-mathématiques fait voir que le rôle du principe de simplicité n'y a pas été moindre qu'en Astronomie. Partout son emploi fréquent s'est trouvé nécessaire pour suppléer à l'imperfection, aux énormes et innombrables lacunes de l'expérience, et pour permettre de formuler des lois, d'unifier le divers sans le fausser. Et partout cet emploi a réussi, au moins dans une large mesure, à manifester la beauté des choses, c'est-à-dire à montrer leur unité profonde, leur étroit enchaînement, au sein d'une variété inépuisable où la distinction n'empêche pas l'harmonie ([1]).

([1]) On trouve l'examen détaillé dont il s'agit ici, à partir de la Géométrie où intervient aussi, mais à un tout autre point de vue, le même principe, dans une longue Note en petit texte, complétant (p. 101 à 118) ma *Théorie approchée de l'écoulement en déversoir*, insérée au Tome L des *Mémoires de l'Académie*, et dans les *Additions* qui suivent (p. 121 à 124 et 133 à 134). Cette Note est intitulée : *Complément aux considérations du n° 43* (du Mémoire) *Sur les lois d'économie et de simplicité; importance de ces lois en tant que principes directeurs de l'esprit.*

Or, vu le caractère forcément hypothétique du principe de simplicité, principe en outre peu précis, non quantitatif, mais appréciable au sentiment seul, son application demande de la délicatesse de jugement et un certain esprit de docilité ou, pour ainsi dire, de *foi*, se contentant du degré moyen de lumière suffisant pour appeler la conviction *sans la contraindre*.

PHYSIQUE. — *Sur la triboluminescence des composés racémiques.* Note de M. D. Gernez.

Diverses tentatives ont été faites en vue de trouver une relation entre la constitution moléculaire de certains corps et la propriété qu'ils ont d'émettre, lorsqu'on les brise, de la lumière perceptible à l'œil. Les recherches ont principalement porté sur les matières organiques, par la raison que leur constitution a été l'objet d'études plus avancées que celles qui sont relatives à la structure des corps métalliques.

M. Andreocci (¹) a étudié avec soin, sous ce rapport, un certain nombre de combinaisons nouvelles du groupe santonique. Les faits qu'il a observés l'ont conduit à formuler plusieurs conclusions qui, ne reposant que sur un nombre très limité de faits, ne semblent pas devoir prendre un caractère sérieux de généralité. A l'appui de l'une de ces conclusions, M. Tschugaeff (²) a mis en évidence quelques remarques résultant de la comparaison des composés racémiques avec leurs constituants symétriques : il les a réunis dans le Tableau suivant, dans lequel le signe + indique un corps triboluminescent et le signe — un corps qui ne l'est pas.

	Droit.	Gauche.	Racémique.
Camphoroxime $C^{10}H^{16}AzO$	+	+	—
Sulfhydrate de carvone $C^{10}H^{14}H^{2}S$	+	+	—
Acide tartrique	+	»	—
Tartrate droit acide de potassium $C^{4}H^{5}KO^{6}$	+	»	—
Chloranilide mentholique $C^{6}H^{5}.CH\langle{}^{O-CO}_{OCH-CH^{3}}$	»	+	—
Acide malique COOH — CHOH — CH^{2} — COOH	»	+	—

(¹) *Gazetta chimica italiana,* t. XXIX, 1899, p. 516.

(²) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* t. XXXIV, 8 juin 1901, p. 1820, et *Société physico-chimique russe,* t. XXXVI, 8 février 1904, p. 1245-1263.

Si l'on considère seulement les camphoroximes et les sulfhydrates de carvone, on voit que les deux antipodes optiques sont triboluminescents et que le racémique qui résulte de leur combinaison à poids égaux ne l'est pas. Tel est le fait que M. Tschugaeff a essayé de généraliser en disant : lorsque les deux constituants sont triboluminescents, le racémique résultant de leur union ne l'est pas. Mais le reste du Tableau qu'il donne à l'appui de cette proposition est incomplet.

Laissons de côté les chloranilides mentholiques et les acides maliques dont les variétés droites n'ont pas été étudiées, et examinons le reste du Tableau.

M. Tschugaeff n'a pas expérimenté sur l'acide tartrique gauche; l'acide droit est triboluminescent; il n'est pas certain, *a priori*, que le gauche le soit aussi. Je me suis proposé de compléter le Tableau en ce qui concerne les composés tartriques. J'ai profité pour cela de ce que j'avais jadis préparé pour M. Pasteur de l'acide tartrique gauche, en utilisant une provision d'acide racémique qui n'était pas épuisée. Je me suis servi de ce qu'il en restait, après avoir purifié par plusieurs cristallisations successives la matière première et m'être assuré qu'elle ne contenait pas trace d'acide tartrique.

J'ai reconnu que l'acide tartrique gauche, sur lequel M. Tschugaeff ne s'était pas prononcé, est nettement triboluminescent, ce qui vient à l'appui de la remarque suscitée par les observations sur les camphoroximes et les sulfhydrates de carvone.

En ce qui concerne les tartrates acides de potassium, j'ai préparé le sel gauche sur lequel on n'avait pas encore expérimenté et l'ai trouvé triboluminescent. Si je m'en étais rapporté aux indications ci-dessus, où le racémate figure comme n'étant pas triboluminescent, la règle proposée était confirmée par un quatrième exemple. Mais j'ai jugé nécessaire de contrôler, par mes observations personnelles, les indications précédentes : j'ai préparé du racémate acide de potassium et l'ai trouvé triboluminescent, comme ses constituants, contrairement à l'affirmation de M. Tschugaeff, admise plus tard par M. Trautz. La règle proposée se trouve donc en défaut en ce qui concerne les tartrates acides de potassium.

En poursuivant cette étude j'ai préparé le racémate neutre de potassium et j'ai constaté qu'il n'est pas triboluminescent. Or, j'ai indiqué antérieurement que le tartrate neutre droit l'est; de plus, l'expérience m'a montré qu'il en est de même du tartrate neutre gauche : c'est donc un nouvel exemple à ajouter aux trois autres en faveur de la proposition de M. Tschu-

gaeff. De plus, j'ai trouvé un cinquième groupe de trois corps se comportant de la même manière : le racémate neutre d'ammonium qui n'est pas triboluminescent, tandis que les tartrates neutres d'ammonium droit et gauche le sont tous deux.

Enfin j'ai rencontré un sixième groupe dans lequel les deux constituants peuvent être considérés pour des positions particulières, dans la molécule, des deux métaux qu'ils contiennent comme formant par leur combinaison un racémique : ce sont les tartrates droit et gauche de potassium et sodium, tous deux triboluminescents, susceptibles de donner par leur union le racémate double de ces deux métaux, l'un des sels de Scacchi, que je n'ai pas trouvé triboluminescent. Je n'ai pas réussi à obtenir d'autres groupes confirmant la proposition de M. Tschugaeff.

I. Racémates métalliques. — Les racémates métalliques, dont la constitution se rapproche le plus de celle de l'acide racémique, sont les racémates neutres : les deux atomes d'hydrogène des groupements acides y sont, en effet, tous deux remplacés par deux atomes du même métal.

1° *Racémates neutres.* — J'ai préparé les racémates neutres de lithium, de rubidium, de sodium et de thallium, et les ai trouvés tous triboluminescents. J'ai préparé aussi les tartrates neutres droit et gauche de chacun de ces métaux, et voici le résultat des expériences.

Les tartrates neutres droit et gauche de lithium n'ont pu être obtenus que sous forme d'une masse pulvérulente dont les grains n'apparaissaient cristallisés qu'au microscope. Le frottement de cette poudre n'a pas donné de lumière perceptible, d'où il résulte que le composé racémique est triboluminescent et que ses constituants ne le sont pas.

Le tartrate neutre droit de rubidium est très nettement triboluminescent; les cristaux peu abondants de tartrate gauche que j'ai obtenus n'étaient pas triboluminescents. Dans ce cas le racémique est triboluminescent, ainsi qu'un seul de ses constituants.

Quant aux tartrates neutres droits et gauches de sodium et de thallium, ils ont été tous triboluminescents, comme les racémates de ces métaux.

2° *Racémates acides.* — J'ai préparé les racémates acides d'ammonium, de potassium, de rubidium, de sodium et de thallium, et les ai trouvés tous triboluminescents. J'ai obtenu par les procédés ordinaires leurs constituants respectifs droits et gauches, et les cristaux de tous ces corps ont émis de la lumière lorsqu'ils ont été brisés.

3° *Racémates doubles.* — J'ai utilisé ce qui me restait de matières pre-

mières pour préparer un certain nombre de racémates qui n'avaient pas encore été étudiés à ce point de vue.

Ce sont les racémates d'ammonium et lithium, d'antimonyle et potassium, de cæsium et lithium, de lithium et potassium, de lithium et rubidium [1], de lithium et sodium, de lithium et thallium, de rubidium et sodium et de sodium et thallium.

Tous ces corps sont triboluminescents; il en est de même des tartrates droits (les seuls que j'ai préparés) correspondant à quelques-uns d'entre eux et qui sont les tartrates droits d'antimonyle et potassium, de lithium et rubidium, de lithium et thallium et de sodium et thallium.

II. Racémates de bases organiques. — Pour compléter cette étude, j'ai jugé à propos de préparer les racémates et les tartrates de quelques bases organiques.

M. Tschugaeff avait reconnu que le tartrate neutre droit de quinine est triboluminescent; j'ai préparé le tartrate neutre gauche et le racémate neutre de cette base en dissolvant dans l'alcool à 96 pour 100 les poids d'acide et de base nécessaires à une réaction complète, et j'ai obtenu des cristaux qui, après refroidissement de la solution et évaporation de l'alcool, ont été très brillamment triboluminescents, comme le sulfate droit de quinine.

De même j'ai préparé le racémate acide de cinchonine en dissolvant dans l'eau chaude de l'acide racémique et y ajoutant le poids de cinchonine strictement nécessaire pour obtenir le sel acide. Il se produit, par refroidissement, des cristaux qu'on fait de nouveau cristalliser pour les purifier et qui, après dessiccation, sont triboluminescents à la rupture.

En procédant de la même manière avec les acides tartriques droit et gauche, j'ai obtenu de beaux cristaux nacrés en étoiles rayonnées qui, après dessiccation, étaient triboluminescents.

Pour varier les expériences, j'ai préparé avec la strychnine d'abord le racémate acide, comme ci-dessus, et j'ai obtenu des cristaux triboluminescents. Les tartrates acides droit et gauche de strychnine obtenus d'une manière analogue ont été aussi triboluminescents. J'ai transformé ces trois composés en sels neutres en leur ajoutant les poids de strychnine égaux à

---

[1] La luminescence très brillante de ce sel double a été signalée pour la première fois par M. Wyrouboff (*Bulletin de la Société minéralogique de France*, t. VI, p. 61). Elle n'est pas fugitive, comme on le pensait alors : les cristaux que je conserve depuis plusieurs années ont conservé leurs propriétés initiales.

ceux qu'ils contenaient et les divers cristaux obtenus étaient tous triboluminescents.

Enfin j'ai opéré sur la brucine en faisant d'abord directement les trois sels neutres : racémate, tartrate droit et tartrate gauche, puis, directement encore, les trois sels acides, et tous ces six composés ont été manifestement triboluminescents.

Je crois pouvoir conclure de toutes ces expériences qu'il ne paraît pas y avoir de relation générale de cause à effet entre la triboluminescence des corps et leur constitution dissymétrique ou symétrique.

ASTRONOMIE. — *L'éclipse de Soleil du 28 juin 1908 à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **Ch. André.**

Jusqu'à 10 minutes avant la sortie le ciel a été beau, mais les nuages ont gêné l'observation du dernier contact.

Voici les résultats obtenus :

1° *Observation des contacts.* — Les heures sont données en temps moyen de Paris.

Observateurs.	Instruments.		Entrée.	Sortie.
		m	h m s	h m s
M. Luizet......	Équatorial coudé	(0,15, gr. = 365)	5.23.47	6.27.22
M. Guillaume..	» Brunner	(0,18, gr. = 100)	5.23.50	6.27.16
M. Merlin......	» Gautier	(0,18, gr. = 110)	5.23.53	6.27. 4

MM. Guillaume et Merlin observaient par projection et M. Luizet directement.

2° *Mesures de cordes et d'angles de position.* — En ce qui concerne les mesures de cordes et de leurs angles de position, les résultats sont très satisfaisants.

M. Luizet	en a obtenu...........	81
M. Guillaume	»	132
M. Merlin	»	52

Toutes ces mesures seront réduites et combinées entre elles d'après la méthode que nous avons suivie pour l'éclipse totale de 1905 ; les résultats de cette discussion seront communiqués à l'Académie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des oxydes métalliques sur les alcools primaires (cas des oxydes réductibles).* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

Ainsi que nous l'avons indiqué dans une récente Note, beaucoup d'oxydes métalliques agissent au-dessous de 400° sur les alcools primaires qu'ils oxydent, et sont eux-mêmes réduits soit à l'état de métal, soit à l'état d'oxydes inférieurs.

1° Le cas le plus simple est celui où l'oxydation se borne à une formation d'eau et d'aldéhyde, sans qu'il y ait oxydation consécutive de cette dernière, et aussi sans que la matière qui provient de la réduction exerce aucune décomposition catalytique sur l'alcool. C'est ce qui a lieu avec les oxydes d'antimoine Sb^2O^5 ou Sb^2O^3, ainsi qu'avec l'oxyde de bismuth Bi^2O^3, qui, à 360°, sont ramenés peu à peu à l'état métallique par les vapeurs d'alcool éthylique : il n'y a aucun dégagement gazeux ni aucune formation d'acide. Les poudres semi-métalliques qui résultent de la réduction incomplète ne possèdent à 360° aucun pouvoir catalyseur appréciable.

2° Une plus grande facilité dans la réduction de l'oxyde a comme conséquence l'oxydation partielle de l'aldéhyde, qui tend à donner soit l'acide forménique correspondant, soit de l'eau et de l'anhydride carbonique.

Ainsi l'oxyde mercurique HgO est, dès 150°, réduit par les vapeurs d'alcool éthylique : il y a production d'éthanal, mais surtout dégagement abondant d'anhydride carbonique. Nous n'avons constaté aucune formation d'acide acétique, même à 250°. Le mercure qui prend naissance ne jouit d'ailleurs d'aucune aptitude catalysante : aussi l'action sur l'alcool cesse quand il ne reste plus d'oxyde à réduire.

Le bioxyde de manganèse MnO^2, agissant sur les vapeurs d'éthanol vers 200°, les transforme en aldéhyde sans dégagement de gaz, et se change en sesquioxyde brun stable à cette température. En opérant de même vers 250°, on atteint le sesquioxyde, mais la production d'aldéhyde est accompagnée d'un dégagement gazeux d'anhydride carbonique, et il y a formation d'acide acétique.

3° Le plus souvent, la réaction ne tarde pas à être modifiée très profondément dans son allure, parce que le métal ou l'oxyde inférieur qui proviennent de la réduction jouissent de la propriété de décomposer catalytiquement les alcools primaires à la température où l'on opère; par suite, cette décomposition catalytique vient se superposer à la première réaction, et son importance va sans cesse en augmentant.

C'est ainsi qu'avec l'alcool éthylique vers 350°, les oxydes de nickel NiO, de cobalt CoO, les divers oxydes de plomb PbO^2, Pb^3O^4, PbO, les oxydes cuivreux Cu^2O et cuivrique CuO sont rapidement ramenés à l'état de métal divisé, qui constitue un catalyseur plus ou moins apte à dédoubler les alcools en aldéhydes et hydrogène. On voit donc que l'action de l'oxyde sur l'alcool fournira, en même temps que de l'aldéhyde et de l'anhydride carbonique, des proportions de plus en plus grandes d'hydrogène.

Il n'y a d'abord pas de formation d'acide acétique dans le cas des oxydes de cuivre; il s'en produit, au contraire, avec les oxydes de nickel ou de plomb.

Le sesquioxyde de manganèse est réduit à 350° par les vapeurs d'éthanol, avec production d'aldéhyde et d'anhydride carbonique, et se change peu à peu en oxyde manganeux vert pâle MnO, qui, dès cette température, dédouble les alcools à la manière des métaux en hydrogène et aldéhyde.

L'anhydride tungstique jaune TuO^3 est réduit facilement à 350° par les vapeurs d'alcool éthylique : il y a dégagement d'anhydride carbonique, formation d'éthanal et d'acide acétique, et l'on obtient un oxyde bleu de composition intermédiaire entre TuO^2 et TuO^3, qui ne se modifie plus, mais qui constitue vis-à-vis des alcools un catalyseur énergique de déshydratation ; par suite, on observe un dégagement d'éthylène de plus en plus abondant, et qui devient à peu près constant quand il ne demeure plus d'anhydride tungstique.

De la même façon, certains oxydes réduits par les vapeurs d'alcools fournissent des oxydes inférieurs irréductibles, qui sont des catalyseurs mixtes, superposant les deux réactions de décomposition, déshydrogénation et déshydratation.

L'oxyde uranique jaune orangé UO^3, chauffé vers 340° dans les vapeurs d'éthanol, fournit de l'aldéhyde et de l'anhydride carbonique, et se transforme en uranyle noir UO^2, qui est catalyseur mixte et fournit à la fois de l'aldéhyde et de l'hydrogène, de l'éthylène et de l'eau.

L'oxyde vanadique jaune d'ocre V^2O^5 conduit dans les mêmes conditions, avec formation d'anhydride carbonique, d'éthanal et d'acide acétique, à l'oxyde noir V^2O^3, qui n'est plus modifié et qui constitue, lui aussi, un catalyseur mixte. Dans ce cas, comme dans ceux qui précèdent, le terme de la réduction est indiqué par la disparition de l'anhydride carbonique dans les gaz dégagés.

4° Parmi les oxydes réductibles par les alcools, il en est plusieurs qui sont capables d'exercer sur ces derniers une décomposition catalytique. Celle-ci se produit tant qu'il reste de l'oxyde primitif; elle est difficile à apercevoir si sa réduction est très rapide ; au contraire, elle est très manifeste quand l'oxyde n'est réduit qu'avec lenteur.

L'oxyde ferrique Fe^2O^3 est, à la manière de l'alumine, un catalyseur de déshydratation; par suite, soumis aux vapeurs d'alcool éthylique vers 340°, il fournit de l'éthylène. Mais il est réduit assez vite en oxyde ferreux FeO, puis en fer métallique, qui intervient aussitôt comme catalyseur déshydrogénant, donnant de l'aldéhyde et de l'hydrogène, qui aide à réduire ce qui reste d'oxyde. De là l'allure un peu compliquée de la réaction.

Après quelques minutes de passage, le gaz dégagé contient, pour 100 :

20^{vol} d'anhydride carbonique,
11 d'éthylène,
69 d'hydrogène.

10 minutes après, la proportion d'éthylène n'est plus que de 6,5 pour 100. Après un nouvel intervalle de 10 minutes, on recueille :

15,5^{vol} d'anhydride carbonique,
2,0 d'éthylène,
82,5 d'hydrogène.

D'ailleurs l'oxyde ferreux, dans sa réduction lente, ne donne lieu qu'à un dégagement d'hydrogène mêlé d'un peu d'anhydride carbonique sans éthylène.

L'oxyde de cadmium CdO, qui n'est réduit que très lentement à 340° par les vapeurs d'alcool à l'état métallique avec dégagement d'anhydride carbonique, constitue, tant qu'il subsiste, c'est-à-dire très longtemps, un catalyseur assez puissant de dédoublement en aldéhyde et hydrogène.

Il en est de même de l'oxyde stanneux brun SnO, auquel amène rapidement la réduction de l'oxyde stannique SnO^3. Aussi les oxydes stanneux et de cadmium mériteront-ils d'être examinés comme catalyseurs à côté des oxydes irréductibles que nous nous proposons d'étudier dans une prochaine Communication.

M. Darboux fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Les origines, les méthodes et les problèmes de la Géométrie infinitésimale,* Conférence lue à Rome, au palais Corsini, le 7 avril 1908, devant le IVe Congrès des Mathématiciens.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Vice-Président en remplacement de M. *Bouchard* qui passe de droit à la présidence, par suite de l'élection de M. *Henri Becquerel,* Président, aux fonctions de Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques.

Le Vice-Président devra être choisi dans l'une des Sections des Sciences mathématiques.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 35,

M. Émile Picard réunit l'unanimité des suffrages.

M. **Émile Picard**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est élu Vice-Président de l'Académie.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Émile Picard prend place au Bureau.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission de deux Membres qui sera chargée de la vérification des comptes de l'année 1907.

MM. **Émile Picard** et **A. Müntz** réunissent l'unanimité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Asaph Hall*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 28,

M. George-E. Hale obtient	. . . .	25	suffrages
M. J.-C. Kapteyn	»	2	»
Le R. P. Hagen	»	1	»

M. **George-E. Hale**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

MÉMOIRES LUS.

HYGIÈNE. — *Batellerie fluviale et santé publique;* par MM. **Chantemesse** et **Pomès**.

I. Lorsqu'une maladie transmissible éclate sur un des innombrables bateaux fluviaux, péniches, chalands, etc., qui sillonnent les canaux de France, personne n'est chargé de s'occuper de la contagion que le marinier sème çà et là, à travers le territoire, et personne ne s'en occupe.

La loi d'hygiène de 1902 a oublié la batellerie fluviale.

Et cependant ces maisons flottantes constituent des types d'habitations insalubres plus dangereuses que tout autres, puisque leur mobilité les soustrait à l'observation et aux mesures de prophylaxie. Dans la transmission des maladies contagieuses, leur rôle est considérable et inapprécié.

Comment a été importée la scarlatine qui pendant tant de mois a ravagé

Paris? On l'ignore. Voici cependant un cas où, à travers les méandres des canaux du nord de la France, la scarlatine a cheminé tranquillement, à l'insu de tous, de Belgique à Paris. La péniche qui portait les malades s'est arrêtée successivement sur plusieurs quais de la grande ville; elle a reçu à son bord, sans que personne se doute de la présence de la maladie, des visiteurs, des ouvriers qui déchargeaient le charbon, des fournisseurs, etc., et son équipage fréquentait un débit de boissons où un enfant n'a pas tardé à être frappé de scarlatine. Quelle a été la conséquence de ce nouveau foyer urbain, nous l'ignorons; nous sommes mieux fixés sur le point de départ de l'importation belge.

Le bateau en question s'appelait *La Vague*. Il était monté par cinq personnes et, au mois de mars dernier, il apportait du charbon de Rouen à Paris. Pendant son voyage il s'était arrêté à l'île Saint-Denis, où séjournent beaucoup de péniches. Ses habitants étaient allés rendre visite à une autre famille de mariniers montant la péniche *Le Nabab* où la scarlatine sévissait. Ce second bateau venait de Béthune, mais il n'avait pas été infecté à son point de départ. Il avait rencontré dans sa course, à Crèvecœur (Oise), un troisième chaland, *La Ligue*, qui portait la scarlatine depuis Charleroi et qui la lui a communiquée.

Dans ce cas comme dans d'autres faits de maladies transmissibles, la scarlatine a pu se répandre clandestinement par la faute des mariniers que la loi n'oblige pas à une déclaration de maladie contagieuse et dont la première préoccupation est d'éviter toute visite administrative.

Pendant le séjour du bateau à Paris, au quai des Grands-Augustins, le médecin appelé a imposé presque la désinfection. On a passé à l'étuve municipale quelques objets de literie; mais dès le lendemain matin, pour se soustraire à toute visite importune, le bateau fuyait et allait s'amarrer plus loin. C'est ainsi que les choses se passent régulièrement dans les habitudes des bateliers fluviaux. Sans discipline hygiénique, sans précautions, sans contrôle, les bateaux se soustraient à l'observation, essaiment en liberté leurs germes virulents et vont plus loin.

II. Il est d'observation certaine que les chalands, surtout quand ils sont anciens, renferment tous des rats qu'ils reçoivent des autres chalands ou qu'ils prennent directement dans les ports. Rouen et Anvers en fournissent beaucoup à la batellerie. Si la peste était importée au Havre par un navire, elle arriverait facilement, grâce aux péniches chargées de rats, à Rouen d'abord et ensuite à Paris; et peut-être pourrait-elle frapper des hommes dans la capitale, alors que sa présence, cantonnée dans le monde souterrain des rats à Rouen, passerait encore inaperçue.

L'un de nous, avec le Dr Borel, a fait connaître le rôle de la batellerie fluviale dans le transport du choléra de la mer Caspienne jusqu'à Berlin et Hambourg en 1905, par le Volga, le Dniéper, le canal de Bug, la Vistule,

l'Oder, la Sprée et l'Elbe. A cette époque, le choléra n'a pas gagné l'Occident parce que le réseau oriental des canaux allemands ne communique pas avec le réseau franco-belge. L'envahissement du réseau occidental allemand par le choléra serait, grâce aux péniches, le signal de l'envahissement de notre propre territoire.

Si le transport du choléra par les bateaux fluviaux est un phénomène rare, la transmission d'autres maladies contagieuses (scarlatine, variole, typhus, fièvre typhoïde, etc.) s'observe beaucoup plus souvent et ne rencontre l'obstacle d'aucune mesure administrative spéciale.

Habitations insalubres où les maladies importées se renforcent et se multiplient, tel est le caractère de ces bateaux.

Il suffit d'en visiter quelques-uns pour se convaincre. Ils présentent d'ordinaire un tonnage brut de 300^t à 400^t et ils portent en moyenne cinq à six personnes : père, mère, trois ou quatre enfants et un pilote. Au logement sont réservées trois cabines, deux très petites à l'avant et à l'arrière pouvant à peine contenir un lit, et une cabine centrale mesurant, dans les grands bateaux, une longueur de 3^m,50 sur une hauteur de 2^m et une largeur de 5^m,50. Cet espace exigu contient deux lits où toute la famille prend place; deux chaises, deux armoires, une table. Il sert à la fois de cuisine, de salle à manger, de salle de réunion, de dortoir.

Aux conditions défectueuses d'une telle promiscuité s'ajoute, pour favoriser l'éclosion des maladies, l'action du froid et de l'humidité. On conçoit quel terrain de propagation y rencontre la venue d'une maladie transmissible.

III. Le danger de ces habitations insalubres s'accroît par le fait des périodes de chômage que subit la batellerie chaque année. La principale de ces périodes se montre en été et dure de quelques jours à quelques mois. A ce moment les bateaux s'agglomèrent en divers points et en nombre variable. Aucune règle spéciale ne préside au choix des lieux de chômage et ne permet la préparation de mesures de prophylaxie. Beaucoup s'installent au hasard près des écluses de certains canaux ; d'autres se rendent à des stations plus importantes, par exemple à Douai, Béthune, Lille, Valenciennes, Rouen, Pontoise, Conflans. Là les bateaux s'assemblent au nombre de 800 à 1500. Encore ce chiffre varie-t-il chaque année ; l'écluse de Pontoise a été presque délaissée en 1908. Quelques-unes de ces stations sont assez fréquentées pour que l'initiative privée y ait créé des écoles spéciales, où les enfants des mariniers ne sont pas en contact avec les enfants indigènes. Telle est l'école de Mlle Fanien, à Pont-Aventin.

On comprend quel terrain fertile les maladies infectieuses rencontrent

dans ces agglomérations. Si certaines municipalités s'occupent de l'hygiène de ces bateliers, la plupart s'en désintéressent et ce qui se passe sur les bateaux est ignoré. Les mariniers redoutent la venue des médecins qui, au nom de l'hygiène, pourraient venir s'immiscer dans leurs affaires. Ils dissimulent leurs maladies et ils deviennent eux-mêmes victimes du sentiment qu'ils ont ressenti et qu'ils inspirent à leur tour. Beaucoup nous ont fait la confidence des difficultés qu'ils éprouvent à trouver un médecin lorsqu'ils en ont besoin. Des bateliers installés à Suresnes ou au Port-à-l'Anglais sont réduits à chercher jusqu'au centre de Paris des médecins qui ont la réputation de venir, quand ils sont mandés, le jour et la nuit à leur bord.

IV. Les faits que nous venons de citer montrent que l'hygiène de la batellerie fluviale se meut en dehors et à côté de la loi de 1902. Cette loi qui a oublié les mariniers des fleuves et des canaux doit revenir vers eux.

Quelques mois nous séparent à peine de l'époque où les grands navires français et étrangers ayant pénétré dans nos ports de commerce, après avoir reçu libre pratique du service de la Santé, se livraient à leurs occupations, indépendants désormais du service de la Santé qui avait prononcé sur eux et du service d'hygiène de la municipalité, qui ne considérait pas ces navires comme des habitations faisant partie de la ville. Une maladie contagieuse (variole, scarlatine, etc.) pouvait se déclarer et évoluer à bord, contaminer le personnel, les ouvriers, les visiteurs, sans que personne s'en occupât et fût chargé de s'en occuper. Après l'épidémie de Dunkerque, où la variole fut apportée en ville par un bateau venant d'Oran, l'un de nous obtint la prise d'un décret qui désormais maintient sous la surveillance du service de la Santé les navires pendant toute la durée de leur séjour dans le port. Le capitaine est chargé de signaler au directeur de la Santé tout cas d'apparition de maladie fébrile à bord.

Ce décret a déjà donné d'excellents résultats; c'est pourquoi nous demandons que des mesures analogues soient prises à l'égard de la batellerie fluviale.

V. En 1905, au moment où le choléra pénétrait le long des canaux de la Prusse orientale, la loi allemande imposa aux patrons des radeaux ou chalands l'obligation d'arborer un drapeau jaune chaque fois qu'ils avaient un malade à bord et de subir des visites médicales et prophylactiques à leur passage à travers certaines écluses.

Ne pourrait-on pas instituer des mesures prophylactiques semblables pour les chalands qui portent des malades le long des canaux de France? Une surveillance médicale serait facile à organiser dans les régions où

s'agglomèrent les bateaux pendant le chômage et dans les grands ports comme celui de Paris, où stationnent les péniches. Elle rendrait des services précieux aux mariniers autant qu'aux citadins.

En tête de ces mesures doit se placer la plus importante de toutes, celle qui est réclamée depuis longtemps par tous les hygiénistes et par tous les médecins, celle qui seule permettra la déclaration généralisée et la lutte efficace contre les maladies transmissibles, c'est-à-dire la modification de la loi de 1902, afin que non seulement le médecin soit tenu à la déclaration obligatoire de certaines maladies, mais avec lui le chef de famille ou le logeur.

A cette modification devra se joindre une organisation de la surveillance hygiénique de la batellerie fluviale qui fait encore défaut et dont la nécessité nous a inspiré ce travail.

CORRESPONDANCE.

M. **Herbert-Hall Turner**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la chaire de *Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, par suite de la démission de M. *Jungfleisch*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Zur Erinnerung an Henri Moissan*, von Dr A. Gutbier.

2° *Mission scientifique au Dahomey*, par Henri Hubert. (Présenté par M. A. Lacroix.)

3° *Expédition antarctique française* (1903-1905), commandée par le Dr Charcot. — *Géographie physique. Glaciologie. Pétrographie*, par Ernest Gourdon. (Présenté par M. A. Lacroix.)

ASTRONOMIE. — *Sur diverses particularités nouvelles des étoiles variables à courte période; méthode permettant de distinguer leurs effets de ceux de la dispersion dans le vide.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1254) M. Lebedeff, pour expliquer l'existence, qui paraît résulter de mes recherches et de celles de M. Tikhoff, d'une différence entre les époques des minima de certaines étoiles variables relatifs à diverses longueurs d'onde, a invoqué la possibilité d'une dissymétrie physique dans l'atmosphère du satellite de ces étoiles, et telle que l'absorption sélective y changerait de caractère du côté soir au côté matin du satellite.

Je me propose de montrer aujourd'hui, sans faire aucune hypothèse physique de ce genre, et par la seule considération de la gravitation et de la viscosité de ces astres, qu'il existe, dans l'étoile principale elle-même aussi bien que dans le satellite, des causes très générales qu'on ne soupçonnait pas et qui tendent à produire des décalages entre les minima des diverses courbes de lumière monochromatiques de ces systèmes.

Je montrerai ensuite que, dans le cas général des étoiles du type Algol, la « méthode des images monochromatiques » (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 266 et 680) permet de séparer nettement les effets combinés de ces causes nouvelles de décalage, de l'effet de la dispersion dans le vide.

I. Je n'examinerai, pour commencer, que ce qui concerne l'étoile principale, Σ, de la variable dont je désignerai le satellite par σ.

J'ai établi tout d'abord le principe général suivant :

Toute différence entre la vitesse de rotation de l'étoile principale et la vitesse angulaire de révolution du satellite, ainsi que toute variation relative de ces deux vitesses, doit, toutes choses égales d'ailleurs, produire un décalage entre les minima des courbes de lumière de l'étoile relatives à des régions différentes du spectre.

Cette proposition se démontre aisément en remarquant : 1° que de telles différences ou variations de vitesses ont pour effet que la marée produite par Σ sur σ (et cette marée est sans doute généralement considérable dans ces systèmes, vu la grandeur et la proximité des masses en présence) [1] se trouve, par suite de la viscosité de Σ

[1] Rappelons, par exemple, que les masses d'Algol et de son satellite sont respectivement 1,1 et 0,5 fois celle du Soleil, et que la distance de leurs centres n'est que trois fois le diamètre d'Algol, qui est à peu près égal lui-même à celui du Soleil. (André, *Astronomie stellaire*, t. II, p. 203.)

(s'il s'agit de différences constantes de ces vitesses), ou par suite uniquement de la tendance de la rotation de Σ à rester uniforme (s'il s'agit de variations de ces vitesses), décalée par rapport à la ligne des centres; 2° que le minimum apparent, relatif à une certaine radiation de l'étoile, a lieu quand la projection de la ligne de visée sur l'orbite de σ vient en coïncidence avec une certaine droite qui est la résultante de deux vecteurs centrés sur Σ : l'un, représentant l'obscurcissement maximum dû à l'interposition de σ, est dirigé suivant la ligne des centres au moment où l'éclipse est centrale; l'autre, dont la direction est celle de la protubérance atmosphérique due à la marée et dont la grandeur dépend de la radiation considérée, figure l'absorption maxima de cette radiation de l'étoile par sa propre atmosphère; 3° que, par suite, la direction de cette résultante diffère avec la longueur d'onde considérée, ce qui conduit à l'énoncé précédent. C. Q. F. D.

On en déduit facilement diverses conséquences nouvelles, dont voici quelques-unes que les limites de cette Note m'obligent à donner sans leurs démonstrations (le lecteur les retrouvera d'ailleurs facilement et elles paraîtront ainsi que diverses applications numériques dans un Mémoire détaillé).

Soient m_{λ_1} et m_{λ_2} les époques des minima de l'étoile relatifs à deux radiations λ_1 et λ_2; et supposons, pour fixer les idées, que son atmosphère absorbe davantage λ_1 que λ_2. Trois cas peuvent se présenter :

1° Si la durée de révolution du satellite σ est plus courte que la rotation de l'étoile Σ, on trouve que m_{λ_2} précède m_{λ_1};

2° Si la révolution de σ est plus longue que la rotation de Σ, on trouve que m_{λ_1} précède m_{λ_2};

3° Si ces deux durées sont égales (et ce cas doit être à peu près le plus général et le plus stable dans les systèmes binaires à courte période, comme le montre la théorie), on trouve que l'excentricité de l'orbite (elle est généralement notable dans ces systèmes et, par exemple, voisine de 0,15 pour Algol) produit le résultat suivant : l'orbite de l'étoile est divisée en deux régions inégales et de propriétés tout à fait différentes, et, selon que le minimum apparent de la variable a lieu dans la première qui renferme le périastre ou la seconde qui renferme l'apoastre, m_{λ_2} précède m_{λ_1} ou a lieu après lui. Ces régions sont séparées par deux points de l'orbite tels que m_{λ_1} coïncide avec m_{λ_2}, si le minimum est observé en ces points. *On arrive ainsi à cette conclusion inattendue que le minimum observé dans le rouge précédera ou suivra le minimum du bleu pour une même étoile, selon l'orientation de son orbite dans l'espace.*

II. Si l'on analyse de la même manière les effets produits sur les courbes de lumière par les marées que provoque l'astre central lui-même sur le

satellite, on trouve que, qualitativement, tous les résultats précédents subsistent, mais changés de signe (c'est-à-dire qu'il faut substituer, partout en ce qui concerne l'effet des marées du satellite, λ_1 à λ_2 et réciproquement). Au point de vue quantitatif, diverses causes tendent à rendre prépondérants, selon les cas, soit les effets produits sur les courbes de lumière par la marée de l'étoile principale, soit ceux de la marée du satellite. Je me propose d'y revenir en même temps que j'examinerai ce que produisent les phénomènes précédents dans le cas des étoiles variables qui ont non seulement des minima mais des maxima (étoiles à variation continue).

III. Il est un cas très général où la « méthode des images monochromatiques » (*loc. cit.*) permet de séparer l'effet combiné de ces causes de décalage et de celle invoquée par M. Lebedeff, de l'effet de la dispersion dans le vide : c'est celui des étoiles du type Algol à variation régulière. Le principe de cette séparation repose simplement sur la remarque suivante :

Le retard ou l'avance relatifs de deux radiations, produits par la dispersion dans le vide, pour une étoile donnée de ce type a évidemment la même durée, quelle que soit la phase de variation de l'étoile; *le décalage ainsi produit entre les deux courbes de lumière correspondantes commence et cesse brusquement avec la variation lumineuse; au contraire le décalage que peuvent produire les autres causes invoquées dans le système même de l'étoile décroît progressivement de part et d'autre du minimum pour s'annuler au début et à la fin de la variation lumineuse.*

Géométriquement, l'étude des courbes monochromatiques obtenues permet donc, en général, de séparer ces effets. Considérons, pour prendre un exemple simple, le cas (qui paraît être celui des étoiles que j'ai observées) d'une variable du type Algol où l'amplitude et la durée de la variation soient les mêmes pour deux régions (par exemple : bleue et rouge) du spectre, et dont les deux minima correspondants sont décalés de dx. Soient respectivement l_B et l_R les lieux des poids équidistants des points d'égal éclat des deux courbes, et soient y_0, y_1 les ordonnées du minimum et de la constance d'éclat. Selon que, en passant de y_0 à y_1, la différence des abscisses des deux lignes l_B et l_R : 1° ou bien reste constante pour s'annuler brusquement en y_1; 2° ou bien diminue pour s'annuler progressivement en y_1; 3° ou bien varie pour arriver en y_1 avec une valeur dx' différente de dx, on en déduira généralement que le décalage est produit : dans le premier cas par la dispersion seule, dans le second cas par une autre cause et, dans le troisième, par l'effet combiné de cette autre cause et de la dispersion [dont l'effet propre produit ici un décalage égal à $\pm(dx - dx')$].

En ce qui concerne les quelques observations des courbes monochromatiques de certaines étoiles, déjà obtenues par M. Tikhoff et par moi, et qui s'accordent à mettre en évidence l'existence probable de décalages entre ces courbes, j'estime qu'elles sont encore trop peu nombreuses pour pouvoir leur appliquer dès maintenant le criterium précédent. Il est nécessaire que d'abord des observations, suffisamment nombreuses et répétées, aient fixé avec une plus grande exactitude la forme exacte, en leurs diverses parties, de ces courbes monochromatiques.

IV. En résumé les étoiles variables semblent être le siège, dans des conditions à la fois très variées et très générales, de certains phénomènes, non encore signalés, qui tendent à décaler les époques des points tropiques de leurs courbes de lumière relatives à diverses régions du spectre; la *méthode des images monochromatiques* est susceptible de mettre en évidence les effets de ces phénomènes et de les séparer nettement, pour une classe nombreuse d'étoiles, de ceux de la dispersion dans le vide.

ASTRONOMIE. — *Sur les variations de la durée du crépuscule.* Note de M. Ernest Esclangon, présentée par M. Deslandres.

On regarde habituellement la durée du crépuscule comme liée à la hauteur du Soleil au-dessous de l'horizon. Lorsque le Soleil atteint la hauteur négative de 15° on aperçoit généralement dans le ciel tous les détails perceptibles, la voie lactée, les nébuleuses, etc., en un mot la nuit devient aussi complète que possible. Cette règle, applicable en moyenne, souffre des exceptions nombreuses et, en réalité, la durée du crépuscule dépend, à un très haut degré, d'autres facteurs qui, par des temps également beaux en apparence, peuvent retarder ou prolonger le crépuscule dans des proportions considérables.

Tout d'abord il est utile de remarquer que la visibilité des objets célestes, étoiles, amas, nébuleuses, est un moyen défectueux d'observation, car cette visibilité dépend de deux facteurs : d'une part, de l'*éclat apparent du ciel*, d'autre part, de la *transparence de l'air*. Sans doute il existe une relation entre ces deux facteurs, mais cette relation est mal connue quantitativement, et il est préférable, pour apprécier la durée du crépuscule, de se borner à l'observation de l'*éclat* du ciel dans une région bien déterminée, fixe par rapport au Soleil. L'éclat photométrique du ciel dépend, toutes choses

égales d'ailleurs ([1]), de la distribution et des dimensions des corpuscules (gouttes d'eau, cristaux de glace, poussières) en suspension dans l'atmosphère, et l'on conçoit dès lors que la durée du crépuscule puisse être essentiellement variable.

Je me propose de montrer, par une observation caractéristique, *que cette influence est réellement considérable.*

Le 1er juillet 1908, à Bordeaux, le crépuscule a atteint une durée tout à fait anormale, et qui du reste a été particulièrement remarquée par les habitants des campagnes. A 9^h du soir le ciel paraissait normalement beau. A 9^h40^m, frappé par la longueur inaccoutumée du jour, j'eus l'idée de déterminer aussi exactement que possible l'instant où en plein air, à l'Observatoire de Floirac et dans un endroit bien dégagé, on cessait de pouvoir lire aisément. A 9^h56^m ([2]) on lisait encore sans difficulté l'heure à une montre placée horizontalement à 30^{cm} de l'œil. Je préférais ce genre d'observation qui dépend seulement de l'éclat du ciel à celui qui consiste à noter les heures d'apparition des astres de diverses grandeurs et qui fait intervenir, en outre, la transparence de l'air.

Le lendemain, 2 juillet, le ciel avait le même aspect, et je répétai *dans les mêmes conditions* les observations de la veille. Je constatai qu'à 9^h15^m le ciel se trouvait dans le même état d'éclairement que la veille à 9^h56^m. Ainsi, en ces *deux jours consécutifs,* par un ciel de même apparence, la durée du crépuscule *avait varié de plus de 40 minutes.*

On peut trouver une explication de ce phénomène dans les considérations suivantes :

Le 1er juillet, après le coucher du Soleil, une lueur rose assez vive éclaira un instant le ciel dans un angle vertical de 45° dans l'azimut du Soleil. Ces lueurs sont dues, ainsi que j'ai pu l'établir ([3]), à la présence, dans les régions élevées de l'atmosphère, de nuages très ténus, invisibles aussi bien le jour que pendant la nuit, mais visibles nettement et colorés en rose pendant un *instant très court* (10 minutes) lorsque l'éclairement du ciel prend, en diminuant graduellement pendant le crépuscule, une valeur déterminée. Avant aussi bien qu'après l'apparition de ces lueurs, le ciel paraît parfaitement pur. De telles lueurs crépusculaires sont assez fréquentes à Bordeaux, mais se montrent d'une façon très irrégulière.

Le 2 juillet, le ciel, d'une pureté apparente analogue à celle de la veille, ne montra pas de lueurs crépusculaires, et le crépuscule eut une durée normale.

Il semble que ces nuages invisibles, qui provoquent l'apparition des vives

---

([1]) Chr. Wiener, *Abh. d. Kaiserl. Leop. Carol. Akad. Nova Acta,* t. LXXIII, n° 1; Beibl., 1901, p. 271-279.

([2]) A Paris l'heure correspondante serait, pour une même hauteur négative du Soleil, 10^h29^m.

([3]) *Comptes rendus,* 17 novembre 1902 et 4 mai 1903.

lueurs roses après le coucher du Soleil, soient aussi la raison du prolongement anormal de la durée du crépuscule. L'accroissement de la période crépusculaire doit être d'autant plus grand que le Soleil, après son coucher, descend plus lentement sous l'horizon; il atteint sa plus grande valeur au moment des solstices, ce qui expliquerait la durée tout à fait anormale du crépuscule du 1er juillet.

Enfin, se basant sur la théorie de Lord Rayleigh concernant la dispersion atmosphérique, on peut en conclure que, l'état du ciel se trouvant augmenté dans les conditions qu'on vient d'indiquer, le coefficient d'absorption se trouve augmenté également; par suite, la visibilité des objets célestes s'en trouve ainsi diminuée *par une double raison*. En un mot, un accroissement anormal dans la durée du crépuscule, *par un ciel sans nuages*, est l'indice d'un ciel peu favorable aux observations astronomiques.

ASTRONOMIE. — *Éclipse partielle de Soleil observée à l'Observatoire de Besançon le* 28 *juin* 1908. Note de MM. **Brück**, **Chofardet** et **Pernet**, présentée par M. B. Baillaud.

M. Brück : l'observation a été faite à l'équatorial droit de $0^m,25$ diaphragmé à $0^m,06$. Grossissement 58. Ciel pur. Très bonne image jusqu'à la fin. Le premier contact a été probablement noté un peu trop tard. La Lune n'a été vue ni avant l'entrée ni après la sortie par aucun des trois observateurs. Vers le milieu il a semblé parfois que la circonférence du disque lunaire se prolongeait un peu au delà du bord solaire, mais c'est une sensation très fugitive et nullement une certitude.

M. Chofardet : équatorial coudé de $0^m,38$, diaphragmé à $0^m,06$. Grossissement 66. Images calmes au début, assez agitées vers le deuxième contact. Cela doit provenir de l'échauffement considérable de l'instrument.

M. Pernet : équatorial photographique de $0^m,11$, diaphragmé à $0^m,05$. Grossissement 30. Images très calmes au début, très agitées vers la fin.

Heures des observations.

	Premier contact.		Dernier contact.	
	Temps sidéral local.	Temps moyen de Paris.	Temps sidéral local.	Temps moyen de Paris.
	h m s	h m s	h m s	h m s
Brück........	12.6.58	5.26.47	13.0.41	6.20.21
Chofardet....	12.6.56	5.26.45	13.1.16	6.20.56
Pernet.......	12.6.55	5.26.44	13.0.33	6.20.14

ASTRONOMIE. — *Observation à l'Observatoire de Marseille de l'éclipse partielle de Soleil du* 28 *juin* 1908. Note de M. **Henry Bourget**, présentée par M. B. Baillaud.

Malgré l'intérêt restreint que présente ce phénomène, l'éclipse partielle de Soleil du 28 juin 1908 a été observée à l'Observatoire de Marseille par MM. Borrelly, Coggia et Esmiol. Ces astronomes ont observé les heures des deux contacts :

1° M. Borrelly, à l'équatorial Eichens. Distance focale $= 315^{cm}$; ouverture diaphragmée $= 15^{cm}$; grossissement 120 :

Premier contact........	$5^h 23^m 17^s,3$	temps moyen de Paris
Deuxième contact......	$6^h 33^m 58^s,7$	

Images ondulantes.

2° M. Coggia, au chercheur de comètes. Distance focale $= 215^{cm}$; ouverture diaphragmée $= 5^{cm},5$; grossissement 80 :

Premier contact..........	$5^h 23^m 25^s$	temps moyen de Paris
Deuxième contact........	$6^h 34^m 0^s$	

Images convenables.

3° M. Esmiol, au télescope Foucault. Distance focale $= 450^{cm}$; ouverture réduite à une couronne centrée de rayons de 15^{cm} et 20^{cm}; grossissement 220 :

Premier contact..........	$5^h 23^m 13^s$	temps moyen de Paris
Deuxième contact........	$6^h 34^m 20^s$	

Images ondulantes, surtout à la fin de l'éclipse.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème relatif à la théorie des équations aux dérivées partielles du type hyperbolique.* Note [1] de M. **A. Myller**, présentée par M. Appell.

M. I. Bendixson a démontré, dans *Arkiv för Matematik*, Band III, le théorème suivant :

Étant données, pour $0 \leq x \leq a$; $0 \leq y \leq b$, *deux courbes passant par l'ori-*

[1] Présentée dans la séance du 29 juin 1908.

gine, $y = f_1(x)$ *et* $x = f_2(y)$, *et un point* x_0, y_0 *suffisamment près de l'origine, il existe une seule fonction satisfaisant à*

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y} + a(x, y)\frac{\partial u}{\partial x} + b(x, y)\frac{\partial u}{\partial y} + c(x, y)\, u + d(x, y) = 0, \tag{1}$$

continue à l'intérieur du rectangle $0 \leqq x \leqq a$; $0 \leqq y \leqq b$ *et telle que*

$$\frac{\partial u}{\partial x} = p_0(x) \qquad \text{pour} \qquad y = f_1(x), \tag{2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = q_0(y) \qquad \text{pour} \qquad x = f_2(y), \tag{3}$$

$$u = u_0 \qquad \text{pour} \qquad x = x_0, \quad y = y_0; \tag{4}$$

$p_0(x)$, $q_0(y)$ *sont des fonctions données et* u_0 *une valeur donnée.*

Le théorème n'est plus vrai pour certains points x_0, y_0 nommés *points caractéristiques*. Je veux indiquer une méthode très simple pour résoudre le problème et qui donnera des renseignements précis sur la position des points caractéristiques et la façon dont se comporte la solution en ces points.

Considérons au commencement l'équation plus simple

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y} - A(x, y)\, u = 0. \tag{5}$$

La solution de cette équation, qui prend sur les axes des x et des y respectivement les valeurs $\mu(x)$ et $\nu(y)$, satisfait, comme on le sait, à une équation intégrale dont la solution peut être écrite sous la forme

$$u(x, y) = \mu(x) + \int_0^x k_1(x, y; \xi)\, \mu(\xi)\, d\xi + \pi(y) + \int_0^y k_2(x, y; \xi)\, \pi(\xi)\, d\xi, \tag{6}$$

où

$$\pi(y) = \nu(y) - \nu(0).$$

Considérons $\pi(y)$ comme donné et cherchons à déterminer $\mu(x)$ à condition que $u(x, y)$ satisfasse à la condition (2). Il faut, pour cela, dériver (6) par rapport à x et, après, remplacer y et $\frac{\partial u}{\partial x}$ respectivement par $f_1(x)$ et $p_0(x)$. En désignant $\frac{\partial \mu}{\partial x}$ par $\mu'(x)$, on obtient, après quelques transformations, une équation intégrale en $\mu'(x)$ qu'on peut écrire sous la forme

$$p_0(x) = m(x)\, \mu(0) + \mu'(x) + \int_0^x h_1(x, \xi)\, \mu'(\xi)\, d\xi + \int_0^x h_2(x, \xi)\, \pi[f_1(\xi)]\, d\xi.$$

C'est une équation de M. Volterra dont la solution a la forme

$$(7) \qquad \mu(x) = F(x) + \mu(0)G(x) + \int_0^x H(x, \xi)\pi[f_1(\xi)]\,d\xi.$$

On obtient de la même manière

$$(8) \qquad \pi(x) = M(x) + \int_0^x P(x, \xi)\mu[f_2(\xi)]\,d\xi.$$

En éliminant $\pi(x)$ entre (8) et (7) et en mettant $f(x) = f_2[f_1(x)]$, on a un résultat de la forme

$$\mu(x) = E(x) + J(x)\mu(0) + \int_0^x K(x, \xi)\mu[f(\xi)]\,d\xi.$$

C'est une équation qui rentre dans le type étudié par M. Picard (*Comptes rendus*, mai 1907). La solution a la forme

$$\mu(x) = S(x) + \mu(0)T(x).$$

Cette valeur mise dans (8) donne

$$\pi(x) = U(x) + \mu(0)V(x).$$

Ces valeurs de $\mu(x)$ et $\pi(y)$ introduites dans (6) donnent un résultat de la forme

$$u(x, y) = \Phi(x, y)\mu(0) + \Psi(x, y).$$

En faisant $x = x_0$, $y = y_0$ et $u = u_0$, on aura une équation pour déterminer $\mu(0)$. Cette dernière opération n'est pas possible si le coefficient de $\mu(0)$ est zéro. Alors la courbe $\Phi(x, y) = 0$ sera le lieu des points caractéristiques et, pour ces points en général, les conditions (2), (3), (4) ne peuvent être remplies. En échange on a une infinité de solutions caractéristiques $C\Phi(x, y)$ dont les dérivées sont nulles sur les courbes données et $u_0 = 0$ au point x_0, y_0. Dans le cas spécial où, x_0, y_0 étant un point caractéristique, u_0 a la valeur $\Psi(x_0, y_0)$, $\mu(0)$ reste indéterminé, et alors le problème posé admet une infinité de solutions dépendant d'un paramètre $\lambda = \mu(0)$:

$$u(x, y) = \Psi(x, y) + \lambda\Phi(x, y).$$

Dans le cas de l'équation (1), la solution $u(x, y)$ satisfait à une équation contenant $u(x, y)$ sous les signes $\int$ et $\int\int$. Une telle équation a été transformée par M. Volterra (*Atti dei Lincei*, 1896) dans une des formes ordi-

naires dont la solution a la forme

$$u(x, y) = P(x, y) + Q(x, y)\varphi(x) + R(x, y)\psi(y) + \int_0^x k_1(x, y; \xi)\varphi(\xi)\,d\xi + \int_0^y k_2(x, y; \xi)\psi(\xi)\,d\xi.$$

Cette formule analogue à (6) nous conduira, de la même manière, aux mêmes résultats, avec la différence qu'on n'aura plus de solutions caractéristiques tant que $d(x, y)$ est différent de zéro. L'analogie avec le cas elliptique est remarquable.

MÉCANIQUE. — *Nouvel intégromètre.* Note de M. **Jacob**, présentée par M. Maurice Levy.

L'appareil que j'ai présenté à l'Académie dans la séance du 11 mai 1908 permet en somme d'intégrer l'équation

$$y' = Ay^3 + By^2 + Cy + D, \tag{1}$$

lorsqu'on connaît une solution particulière de cette équation.

Le même appareil, légèrement modifié, permet de s'affranchir de cette restriction.

On sait que le mouvement de la lame coupante le long de la base est réglé par une coulisse qui constitue l'une des parties essentielles de l'appareil.

Dans le modèle déjà présenté, cette coulisse est disposée sur un transporteur qui la déplace parallèlement à elle-même; son mouvement est, par suite, entièrement déterminé, lorsqu'on fait suivre à la pointe traçante une courbe dite *directrice*, dont les coordonnées sont calculées à l'aide des coefficients de l'équation par des opérations ne comportant que des quadratures.

Pour arriver à l'intégration de (1), il suffit de permettre à la coulisse un mouvement de rotation autour de l'axe de la pointe traçante. Ce mouvement est déterminé en faisant en sorte qu'une droite fixe du plan de la coulisse touche constamment une courbe dite *courbe d'appui*, tracée sur la feuille de dessin.

A l'aide des coefficients de l'équation, et par de simples quadratures, on calcule d'une façon analogue à celle précédemment indiquée les coordonnées de la directrice.

Les coordonnées de la courbe d'appui se calculent alors sans nouvelle quadrature.

Ces deux courbes étant tracées, on matérialise la courbe d'appui d'après les procédés en usage dans les salles à tracer à l'aide de réglettes en bois de poirier maintenues par des plombs suffisamment rapprochés.

L'opérateur décrit la directrice à l'aide de la pointe traçante et fait les lectures exactement comme avec l'appareil déjà présenté, mais un aide doit faire en sorte qu'une règle faisant corps avec la coulisse touche constamment la courbe d'appui ainsi matérialisée.

L'appareil construit permet donc l'intégration de l'équation générale

$$y' = Ay^3 + By^2 + Cy + D,$$

quelles que soient les fonctions A, B, C, D.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur le poids utile des aéroplanes.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Deslandres.

Amplifions un aéroplane donné, expérimenté avec succès. Soient, pour l'aéroplane originel, P le poids total, Π le poids moteur-propulseur, P_a le poids de l'aéroplane proprement dit, P_u le poids utile. Soient P', Π', P'_a, P_u les poids correspondants de l'aéroplane agrandi. Enfin, soient x le rapport de similitude, y le rapport des vitesses, z le rapport des poids utiles.

Les aéroplanes envisagés ne peuvent être semblables que comme *formes*, mais les épaisseurs des voilures, les diamètres des haubans, etc., ne doivent pas croître simplement comme x. En négligeant l'augmentation de la vitesse, on risque de construire des appareils qui se briseraient sous les nouveaux efforts développés. Il faut déterminer les éléments d'après les règles de la Résistance des matériaux ; on peut ainsi calculer P', Π', P'_a en fonction de x et de y, et substituer leur valeur dans l'équation

$$z\,P_u = P' - \Pi' - P'_a,$$

ce qui donne une fonction $z = f(x, y)$.

En la représentant par des courbes de niveau $x = \lambda$, on verra nettement : 1° les diverses solutions (x, y) qui donnent un poids utile déterminé ; 2° les maxima relatifs pour chaque agrandissement λ ; 3° le maximum absolu du poids utile.

Le problème consiste donc à calculer les efforts qu'auront à supporter les

divers organes, suivant le mode de construction de l'aéroplane originel. C'est une question d'espèce, qui ne peut être complètement traitée ici.

Pour fixer les idées, étudions un cas simple, en admettant : 1° que la surface du disque ayant même résistance à l'avancement croisse proportionnellement à la surface de la voilure (hypothèse sensiblement exacte); 2° que les haubans et les autres pièces travaillant à la traction, au lieu d'être calculés isolément, le soient de façon que l'ensemble de leurs sections croisse proportionnellement à P. Quant aux pièces travaillant à la flexion, comme la voilure, leurs épaisseurs sont proportionnelles à $\sqrt{P}$. Décomposons P_a en A, poids des pièces travaillant à la flexion, et B, poids des pièces travaillant à la traction ; désignons par A′ et B′ les poids correspondants dans l'aéroplane agrandi.

Dans ces conditions, $P' = Px^2y^2$, $A' = Ax^3y$, $B' = Bx^3y^2$. Quant à Π', il est proportionnel à $P'V'$, d'où $\Pi' = \Pi x^2y^3$. La fonction caractéristique est alors

$$zP_u = Px^2y^2 - \Pi x^2y^3 - Ax^3y - Bx^3y^2.$$

Posons $\frac{P}{\Pi} = m$, $\frac{A}{B} = n$. Le maximum absolu du poids utile a lieu pour

$$y = 0,2m - 0,7n + \sqrt{(0,2m - 0,7n)^2 + 0,8mn},$$
$$x = \frac{\Pi}{B}\,\frac{2m - 3y}{2y + n}\,y.$$

Application. — Les aéroplanes actuels de MM. Voisin peuvent enlever deux passagers, à la vitesse d'environ 50^{km} à l'heure, quand le moteur fournit 50 chevaux. Partant de ces données, je prendrai un aéroplane qui ait, en kilogrammes,

$$P = 600,\qquad \Pi = 100,\qquad A = 250,\qquad B = 100,\qquad P_u = 150.$$

L'abaque ci-contre donne la représentation de ce cas particulier. On voit qu'au delà de $x = 1,75$ le poids utile serait inférieur à celui de l'aéroplane originel, quelle que fût la vitesse. Le maximum absolu de poids utile est donné par $x = 1,1$, avec $y = 2,96$. Les dimensions de l'aéroplane originel sont donc très sensiblement celles du maximum, avec cette forme d'aéroplanes : pour atteindre ce maximum, il faudrait construire un aéroplane semblable *très peu agrandi, mais très renforcé,* de façon qu'il pût soutenir les efforts correspondants à la vitesse de 150^{km} à l'heure. On aurait alors

$$P' = 6360,\qquad \Pi' = 3140,\qquad P'_a = 2150,\qquad \text{d'où}\qquad P'_u = 1070^{kg}.$$

Pour ne pas exagérer la vitesse, il conviendra de ne pas pousser jusqu'au maximum de charge utile, en profitant de la propriété des fonctions de varier assez peu dans le voisinage de leur maximum, comme le montre l'abaque.

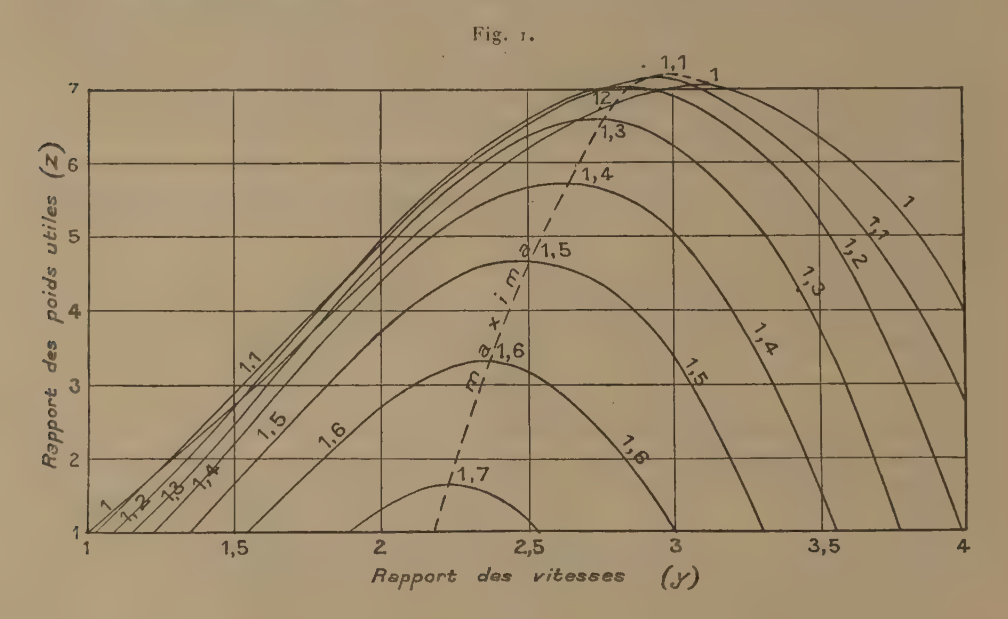
En pratique, le poids Π' obtenu pour le moteur serait moins élevé, car le poids par

cheval, supposé constant pour les aéroplanes d'une même famille, diminue en réalité avec la puissance.

J'ai obtenu des résultats analogues en partant de l'aéroplane de M. Esnault-Pelterie, dont le type est tout différent.

Les divers poids ci-dessus, calculés à titre d'indication, nécessiteraient l'emploi d'autres matériaux que dans l'aéroplane originel, ce qui amènerait probablement des modifications dans la construction. Il conviendra donc de faire ultérieurement de nouveaux calculs, en partant des aéroplanes qui auront été créés dans le but cherché, et qui auront donné de bons résultats.

Fig. 1.



Quoi qu'il en soit, il résulte de cette Note que, lorsqu'on voudra emporter des charges notables, il faudra recourir moins à l'amplification des aéroplanes actuels qu'à leur renforcement, en vue de les armer progressivement pour des vitesses croissantes, qui pourront être utilement triples des vitesses actuelles.

Si l'on ne veut pas atteindre de telles vitesses, qui ne seront pas sans danger, il faudra multiplier les voilures. Dès maintenant, on peut prévoir la prochaine substitution des tri-plans aux bi-plans actuels, pour augmenter le poids utile avec des vitesses relativement modérées.

De là deux voies différentes pour la construction des aéroplanes à grande capacité de chargement.

Pour les faibles capacités, les mono-plans auront toutes mes préférences, dès qu'ils seront dotés de stabilisateurs automatiques.

En résumé, l'aéroplane de l'avenir ne sera pas d'un type déterminé. En raison même de sa *sensibilité en hauteur*, on sera amené à créer divers types, suivant la valeur de ces deux caractéristiques essentielles de tout appareil de transport : la vitesse et le poids utile.

PHYSIQUE. — *Sur l'emploi de détecteurs sensibles d'oscillations électriques basés sur les phénomènes thermo-électriques*. Note de M. C. **Tissot**.

Mon attention a été appelée récemment sur l'introduction dans la technique de la télégraphie sans fil de certains détecteurs constitués par des corps solides (certains cristaux) en contact. Ces détecteurs seraient très sensibles et permettraient d'obtenir, par lecture au son, la réception des signaux de T. S. F. en les associant simplement à un récepteur téléphonique sans emploi de source auxiliaire.

En essayant de réaliser des détecteurs analogues, j'ai été conduit à donner au phénomène une interprétation simple et générale qui m'a permis de le reproduire à volonté avec des corps très divers, mais méthodiquement choisis.

Le fait que le détecteur fonctionne sans source auxiliaire exclut l'idée d'un rôle joué par une variation de résistance, mais pourrait être rapproché du phénomène apparent de *soupape* que présente un voltamètre à électrodes inégales (détecteur électrolytique) employé sans force électromotrice auxiliaire.

Toutefois, la production d'un tel effet au contact de corps solides supposerait l'intervention d'un phénomène nouveau dont l'existence est, *a priori*, peu vraisemblable.

J'ai donc recherché tout d'abord si l'on ne pourrait reproduire de pareils effets en faisant appel à quelque phénomène bien connu.

L'idée la plus simple était d'examiner si l'effet ne pourrait être produit par une force électromotrice thermo-électrique développée au point de contact.

Bien que divers expérimentateurs se soient servis de couples thermo-électriques comme détecteurs d'oscillations électriques, ils n'en ont guère fait usage que pour des mesures de laboratoire, et l'on ne paraît pas jusqu'ici avoir signalé leur utilisation comme détecteurs sensibles, capables de permettre la lecture de signaux à grande distance. On conçoit que, pour essayer de tirer parti d'un effet thermo-électrique susceptible de prendre

naissance par passage des oscillations dans un contact, il convienne tout d'abord de réaliser un contact de surface très réduite, de manière à *localiser* en un point l'énergie mise en jeu.

Partant de cette idée, j'ai cherché à constituer des détecteurs en faisant reposer l'un sur l'autre, par une arête vive ou une pointe, des corps de pouvoirs thermo-électriques différents et suis arrivé très aisément à obtenir le résultat voulu.

On arrive en effet à constituer un détecteur avec deux corps *à peu près quelconques*, pourvu que ces corps soient suffisamment éloignés l'un de l'autre dans la chaîne thermo-électrique.

L'expérience montre d'ailleurs nettement que les résultats sont d'autant meilleurs que les corps choisis occupent des rangs plus éloignés.

C'est ainsi que l'on peut citer comme corps éminemment propres à être utilisés :

1° Les différentes variétés de pyrites de cuivre (chalcopyrite, phillipsite, covelline, etc.), et le bioxyde de manganèse cristallisé (pyrolusite), associés à un métal quelconque (tous les métaux étant fortement électro-positifs par rapport à ces substances).

2° Le sulfure de cuivre naturel (chalcasine), le sulfure de cuivre artificiel fondu, le sélénium [1] et le tellure, associés à un métal quelconque (tous les métaux étant fortement électro-négatifs par rapport à ces substances).

Et *a fortiori*, bien entendu, l'association d'un corps fortement électro-positif avec un corps fortement électro-négatif donne-t-elle des résultats satisfaisants.

Par des artifices très simples on arrive assez facilement à donner au contact une surface suffisamment réduite pour obtenir des détecteurs d'une sensibilité comparable à celle des meilleurs électrolytiques.

C'est ainsi qu'avec le concours de M. F. Pellin nous avons pu réaliser des détecteurs permettant de lire à Brest les signaux échangés entre les postes d'Alger et des Saintes-Maries.

Dans l'appréciation de la sensibilité, il convient d'insister sur un point essentiel.

Selon les corps choisis et la pression exercée, la résistance du contact présente des valeurs fort différentes.

Selon que cette résistance est très grande (cas de certains corps cristallisés) ou faible (cas général des contacts avec pointes métalliques), il faut

---

[1] Il convient de noter que M. le lieutenant de vaisseau Colin avait précisément été conduit, au cours d'une série d'expériences intéressantes, à utiliser un contact sélénium-métal comme détecteur.

disposer le détecteur, soit à un ventre de *tension*, soit à un ventre de *courant* dans le système récepteur d'accord.

Quant à l'interprétation que j'ai donnée du phénomène, elle se trouve justifiée par l'expérience suivante :

On dispose deux contacts, l'un pyrite de cuivre-pointe de cuivre, l'autre tellure-pointe de cuivre (comprenant l'un un corps plus électro-négatif, l'autre un corps plus électro-positif que le cuivre), en dérivation aux bornes d'un galvanomètre.

Par le jeu d'un commutateur, ces contacts peuvent être intercalés à tour de rôle dans une antenne qui reçoit à distance les émissions d'un poste.

Ces émissions sont également bien reçues au téléphone à l'aide de chacun des contacts.

Or, on constate que les oscillations produites dans l'antenne réceptrice font dévier le galvanomètre dans un sens ou dans l'autre, selon qu'on fait usage de l'un ou l'autre contact.

C'est bien en effet ce qui doit se produire dans les conditions de l'expérience (où le cuivre de chaque contact se trouve relié à la même borne du galvanomètre) si l'effet est de nature thermo-électrique.

PHYSIQUE. — *Recherches sur les gaz ionisés*. Note de M. **A. Blanc**, transmise par M. Mascart.

Les mobilités ont été mesurées par une méthode qui dérive directement de celle du champ alternatif de Rutherford ([1]).

Un plateau métallique A, entouré d'un anneau de garde, communique avec l'électromètre : il est d'abord au sol et on l'isole pour faire une mesure. En face de A, à la distance a, est une toile métallique B et derrière B un autre plateau C. On établit entre B et C une différence de potentiel constante produisant un champ dirigé par exemple de C vers B si l'on veut mesurer la mobilité des ions positifs. Entre B et A on crée un champ alternatif de période T : pendant une demi-période une différence de potentiel V produit un champ dirigé de B vers A ; pendant la demi-période suivante une différence de potentiel V′, égale ou supérieure à V et de signe contraire, produit un champ de A vers B.

On ionise le gaz entre B et C à l'aide d'un faisceau étroit de rayons Röntgen ; les ions positifs traversent la toile métallique quand le champ alternatif est dirigé de B vers A. Le plateau A commence à recevoir des charges quand V a la valeur V_0 telle que

$$k_1 = \frac{2a^2}{V_0 T}.$$

([1]) Rutherford, *La décharge des corps électrisés par la lumière ultra-violette* (*Ions, électrons, corpuscules*, t. II, p. 672).

On fait varier V en laissant V′ constant et l'on mesure l'intensité recueillie par l'électromètre; on obtient, en fonction de V, une droite qui coupe l'axe des abscisses pour la valeur V_0; on en déduit la mobilité k_1.

a était égal à $2^{cm},90$ et T a varié de $0^s,6$ à $0^s,14$.

Cette méthode a servi à mesurer les mobilités des ions dans des mélanges à pression constante d'air et de gaz carbonique, de gaz carbonique et d'hydrogène; ces gaz étaient préparés et desséchés avec le plus grand soin.

Les résultats obtenus sont contenus dans les Tableaux suivants, où k_1 est la mobilité des ions positifs, k_2 des négatifs.

I. — *Gaz carbonique et hydrogène.*

Rapport de la pression de l'hydrogène à la pression totale constante.	k_1.	$\frac{1}{k_1} \times 10^5$.	Rapport de la pression de l'hydrogène à la pression totale constante.	k_2.	$\frac{1}{k_2} \times 10^5$.
0	250	400	0	308	325
18,2	288	347	8,2	325	307
34,7	342	292	20,1	372	268
54,6	456	219	40,1	492	203
79	736	136	61	734	136
90	1069	93,4	77,3	1100	91
100	1600	62,5	87,2	1330	75
			100	3000	33

II. — *Air et gaz carbonique.*

Rapport de la pression du CO^2 à la pression totale constante.	k_1.	$\frac{1}{k_1} \times 10^5$.	Rapport de la pression du CO^2 à la pression totale constante.	k_2.	$\frac{1}{k_2} \times 10^5$.
0	380	263	0	600	167
15,9	360	278	8,7	577	173,3
41,9	317	315	19,3	534	187,3
59,9	287	345	28,9	494	202,4
83,9	271	369	48,3	419	238,6
100	250	400	54,1	410	244
			67,6	387	258,4
			79,9	348	287,3
			100	308	325

Les courbes qui représentent les inverses des mobilités en fonction de la pres-

sion de l'un des deux gaz dans le mélange sont des lignes droites dans tous les cas.

Soient ρ' et ρ'' les densités des deux gaz dans le mélange, ρ_1 la densité des ions considérés, u_1 la vitesse de ces ions sous l'action du champ X; les quantités de mouvement échangées dans l'unité de temps par les ions avec les molécules des deux gaz sont $A'_1 \rho' \rho_1 u_1$ et $A''_1 \rho'' \rho_1 u_1$. On en déduit facilement

$$\frac{1}{k_1} = \frac{m_1}{e}(A'_1 m' n' + A''_1 m'' n'');$$

n' et n'' sont les nombres de molécules des deux gaz par centimètre cube, m' et m'' les masses de ces molécules; m_1 est la masse d'un ion et e sa charge.

Les résultats que j'ai obtenus pour $\frac{1}{k_1}$ montrent que les produits $A'_1 m' m_1$ et $A''_1 m'' m_1$ sont sensiblement constants quand la composition du mélange varie. Si l'on prend pour A'_1 l'expression donnée par Langevin [1] dans le cas où les chocs entre ions et molécules ont une importance négligeable, on en déduit que la quantité $\sqrt{\frac{m_1}{m'+m_1}}$ est à peu près invariable. Cela exige, si la masse m_1 dépend de la composition du mélange, que cette masse soit notable par rapport à m' : l'ion doit donc être formé par un groupement de molécules (résultat déduit déjà par Langevin de la valeur même des mobilités).

On peut se demander ce que devient le groupement quand l'ion est transporté d'un gaz dans un autre, du gaz carbonique dans l'air par exemple. Le plateau C est placé au fond d'un cristallisoir qu'on remplit jusqu'au bord de gaz carbonique; la grille B et le plateau A sont au-dessus du niveau du gaz carbonique, dans l'air; les ions sont produits dans le gaz carbonique, amenés dans l'air entre A et B, où l'on mesure leur mobilité comme d'ordinaire.

La mobilité dans l'air d'un ion produit dans le gaz carbonique est très exactement la même que si cet ion avait été produit directement dans l'air. Cela est vrai pour les ions des deux signes.

Ce résultat pourrait encore s'expliquer par la constance des pro-

---

[1] Langevin, *Une formule fondamentale de théorie cinétique* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. V, 1905).

duits $A_1 mm_1$, ... (en fonction desquels s'expriment les mobilités), donc par la grosseur notable des ions. Mais il est probable aussi que le groupement qui constitue l'ion échange constamment des molécules avec le gaz ambiant, de sorte qu'il se détruit en passant du premier gaz dans le second, pour se reformer avec des molécules de celui-ci.

PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la force électromotrice des éléments au cadmium.* Note de M. **R. Jouaust**, transmise par M. Mascart.

En 1901, Jäger et Lindeck montrèrent que la force électromotrice des éléments étalons au cadmium à électrolyte saturé pouvait être représentée en fonction de la température par la relation

$$E_t = E_{20} - 0,000038\,(t - 20) - 0,00000065\,(t - 20)^2,$$

cette formule étant valable jusqu'à 0° C. pour les éléments ayant comme électrode négative un amalgame contenant de 12 à 13 pour 100 de cadmium. Certains des éléments contenant un almagame à 14 pour 100 de cadmium présentaient des irrégularités au voisinage de zéro, c'est-à-dire que leur force électromotrice dépassait de plusieurs dix-millièmes la valeur indiquée par la formule.

Plus récemment Smith a donné pour les éléments à amalgame de 12,5 pour 100 et 10 pour 100 une relation identique entre la force électromotrice et la température, cette relation n'ayant été établie qu'entre 10° et 20° C.

Dans des expériences faites récemment au Laboratoire central d'Électricité, nous avons constaté pour tous les éléments contenant un amalgame à 12,5 pour 100 que, quelle que fût leur provenance, la formule citée plus haut représentait très sensiblement leur force électromotrice à 0° en fonction de leur force électromotrice à 20°, l'accroissement observé étant en moyenne de $\frac{1}{10000}$ plus faible que celui déduit de la formule.

Il n'en est plus de même pour les éléments contenant un amalgame à 10 pour 100 de cadmium.

Au voisinage de zéro les forces électromotrices de ces éléments qui concordaient très bien jusque vers 10° diffèrent entre elles de plusieurs dix-millièmes. Elles sont toutes supérieures aux valeurs déduites de la formule de quantités qui peuvent atteindre $\frac{1}{1000}$ de volt.

De plus, lorsqu'on refroidit brusquement ces éléments, leur force électromotrice croît instantanément de $\frac{2}{1000}$ environ, puis décroît lentement et n'atteint qu'au bout de plusieurs jours une valeur constante.

Pour les éléments à amalgame à 12,5 pour 100 au contraire la force électromotrice croît lentement et atteint en quelques heures une valeur constante.

Ces anomalies ne s'expliquent pas dans l'hypothèse faite pour expliquer les irrégularités des éléments avec amalgame à 14 pour 100. On avait admis que l'amalgame de cadmium se composait de deux phases, l'une solide, l'autre liquide, qui cessaient de coexister à zéro dans l'amalgame à 14 pour 100, mais coexistaient encore dans l'amalgame à 12,5 pour 100 et *a fortiori* dans l'amalgame à 10 pour 100.

Des recherches nouvelles sont nécessaires pour éclaircir ce point; mais d'ores et déjà il semble prudent, dans les mesures de précision, d'éviter l'emploi des éléments avec amalgame à 10 pour 100 ou tout au moins d'éviter que leur température descende au-dessous de 10° C.

OPTIQUE. — *Franges d'interférences produites par les photographies en couleurs.* Note de M. E. **Rothé**, présentée par M. Lippmann.

Lorsqu'on regarde par réflexion, du côté du verre, une photographie interférentielle éclairée par la lumière blanche, on sait qu'on aperçoit souvent des franges dans toute l'étendue du spectre, depuis le rouge jusqu'au violet. Quand l'émulsion sensible a été coulée sur une glace rigoureusement horizontale, les franges sont disposées à peu près parallèlement aux raies spectrales. Lorsqu'au contraire la couche de gélatine n'a pas partout la même épaisseur, les franges sont plus ou moins inclinées par rapport aux raies (¹).

On peut étudier plus facilement ces franges dans les épreuves obtenues sans miroir de mercure, parce que les couleurs sont moins éclatantes que celles des photochromies mercurielles; elles présentent alors des colorations, le violet du côté de la région rouge du spectre, le rouge de l'autre côté. Je me suis proposé de faire une étude systématique de ces *franges dues aux dépôts d'argent par les ondes stationnaires.*

(¹) Ces franges ont été appelées *fausses franges de Talbot*. Voir : Wiener, *Wied. Ann.*, 1899, p. 504. — Lehmann, *Beiträge zur Theorie und Praxis der direkten Farbenphotographie;* Freiburg, 1906. — Il ne faut pas les confondre avec les franges des spectres superposés (*Zenkersche Streifen*) obtenues par Valenta, Neuhauss et étudiées par Pfaundler, *Ann. Drude*, 4ᵉ série, t. XV, 1904, p. 371, et H. Lehmann, *Ann. Drude*, 4ᵉ série, t. XX, 1906, p. 723.

Considérons d'abord une plaque sensible transparente, recevant par la face verre un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ. Supposons l'émulsion assez sensible et l'épaisseur de la gélatine assez faible pour que des plans d'argent distants de λ se forment dans toute l'épaisseur depuis la surface de la gélatine jusqu'au verre. Si la surface de la gélatine est rigoureusement parallèle au plan de la glace, on ne peut apercevoir du côté verre qu'une teinte uniforme, due à la lumière réfléchie par l'ensemble des strates de longueur d'onde λ comme la lumière impressionnante, à laquelle s'ajoute, en lumière blanche, la lumière réfléchie par la lame mince comprise entre la glace et le dernier plan d'argent.

Pratiquement il n'en est jamais ainsi, parce que la surface de la gélatine n'est jamais rigoureusement parallèle à celle de la glace, et les plans d'argent coupent la surface de la glace. Nous examinerons simplement la section par un plan perpendiculaire à la plaque. Les traces des strates sur ce plan coupent la trace du plan du verre en un certain nombre de points. En chacun des points de rencontre l'épaisseur traversée est un multiple entier de $\frac{\lambda}{2}$ et l'on voit briller au maximum la radiation de longueur d'onde λ. Entre deux points de rencontre l'intensité est moindre : il existe en effet, entre le verre et le dernier plan d'argent, un coin de gélatine dont l'épaisseur varie de o à $\frac{\lambda}{2}$ et, par suite, ce coin éteint entre les deux points de rencontre la lumière de longueur d'onde λ. Regardée par réflexion, en lumière de longueur d'onde λ, la plaque présente des franges, alternativement brillantes et obscures dans la région impressionnée, prolongées dans toute la plaque par des franges plus pâles traçant les surfaces de niveau de l'épaisseur de la gélatine.

Ces franges coïncideraient exactement avec les premières si l'on pouvait négliger la différence de phase due à la réflexion sur le premier plan d'argent.

En lumière blanche, les franges apparaissent bordées du côté du sommet du coin de teintes de longueur d'onde inférieure à λ.

Si les strates n'occupent pas toute l'épaisseur de la gélatine, il existe entre le dernier plan d'argent et la lame de verre un coin de gélatine présentant en lumière blanche les franges bordées de violet du côté du sommet, de rouge de l'autre côté. Dans ces franges colorées, on verra briller au maximum la radiation de longueur d'onde λ réfléchie par l'ensemble des strates.

On peut obtenir aisément toutes ces apparences en éclairant, à l'aide d'un brûleur à sodium, une ouverture placée dans le plan focal d'une seconde lentille servant

d'objectif. Les franges sont d'autant plus serrées que l'angle formé par la glace et la surface de la gélatine est plus grand. J'ai réalisé des plaques sensibles à épaisseur variable : dans ce cas les franges ne sont plus équidistantes; elles sont d'autant plus serrées que l'épaisseur de la gélatine est plus grande. Ce dispositif permet donc *de photographier en quelque sorte les courbes de niveau d'une lame de gélatine.* Ces photochromies, obtenues par la méthode de M. Lippmann, mais sans miroir de mercure, permettent donc de projeter dans un cours des franges de coin, qu'il serait assez difficile de réaliser autrement.

Supposons maintenant la plaque sensible placée dans le plan focal de l'objectif d'un spectroscope. Chaque région de la plaque est impressionnée par une radiation monochromatique différente. Dans chaque région, les stratifications formées par l'argent réduit sont à des distances différentes. Elles sont inclinées les unes par rapport aux autres, si bien que les lignes d'intersection avec la glace du cliché ne sont plus équidistantes. Il en résulte qu'on aperçoit un système de franges brillantes entre lesquelles les couleurs du spectre sont affaiblies ou modifiées.

Les photographies en couleur du spectre, faites sans mercure et regardées du côté du verre, permettent d'apercevoir optiquement les intersections du plan de la glace et des ondes stationnaires. Dans l'expérience de Wiener on obtenait les intersections d'une lame très mince de gélatine sensible avec les ondes stationnaires formées dans l'air.

Le dispositif actuel permet de voir très simplement, sur le fond peu coloré du cliché, des franges d'interférences disposées comme les stries des photographies de Wiener.

PHYSIQUE. — *Autobalistique répétiteur.*

Note de M. A. Guillet, présentée par M. G. Lippmann.

I. La méthode de *répétition,* consistant à agir sur un mobile (équipage de galvanomètre par exemple) animé d'un mouvement sinusoïdal amorti au moyen d'impulsions identiques rythmées sur ses oscillations et à lire l'amplitude de régime A, n'est pas entrée dans la pratique des laboratoires. Elle présente pourtant, à divers points de vue, un réel intérêt; en particulier sa sensibilité la rend précieuse : si les impulsions surviennent au passage du mobile par sa position d'équilibre, à l'aller et au retour, la déviation A vaut $\left(1 - e^{-\frac{\lambda T}{2}}\right)^{-1}$ fois la déviation A_1, due à une impulsion unique tirant le mobile du repos. Ainsi, pour un amortissement $\lambda = 0,004$ et une période $T = 2$ secondes, le pouvoir multiplicateur serait d'environ 250.

II. Si la méthode de répétition *se prête difficilement à des mesures précises* ([1]), cela tient vraisemblablement à ce que le régime permanent n'est

---

([1]) Mascart, *L'Électricité et le Magnétisme,* t. II.

atteint qu'après un grand nombre d'impulsions, proportionnel d'ailleurs au pouvoir multiplicateur de l'appareil, et à ce que l'opération reste laborieuse alors même qu'on se placerait d'emblée, par artifice, au voisinage de l'état de régime. Il est d'autre part impossible de provoquer les impulsions, à la main, à l'instant précis où le mobile se trouve dans les mêmes conditions électromécaniques. Ces difficultés disparaissent par l'emploi d'appareils disposés de façon à produire automatiquement l'impulsion et à la répéter chaque fois que le mobile passe par la même figure.

III. Pour ces raisons j'ai construit, il y a quelques années, avec l'aide de M. Victor Guillet, divers types d'autobalistiques répétiteurs à rotation et à translation.

Voici la description d'un type d'autobalistique répétiteur à torsion d'une construction rapide :

Au fil de torsion choisi, serré par son extrémité supérieure dans un porte-foret, solidaire d'un bâti massif muni de vis calantes, est suspendue, toujours au moyen d'un porte-foret en laiton, une masse cylindrique solidaire d'un équipage constitué soit par un cadre galvanométrique, soit par un système astatique d'aimants. Un petit disque, mince et léger, engagé suivant son axe sur le fil, lui est invariablement fixé ; un fil de cocon partant de la périphérie du disque est relié par son extrémité libre au pôle mobile d'un contact délicat. Si, à l'équilibre, le fil de cocon est tendu et le contact fermé, celui-ci s'ouvrira ou restera fermé, suivant que la torsion se produira dans le sens de l'enroulement du cocon sur le disque ou en sens inverse.

Le disque est placé près du point d'attache du fil de torsion ; le déplacement du pôle mobile du contact (petit pendule armé d'une lame élastique, légère lamelle fixée à un fil fin tendu, etc.) est invisible et la perturbation exercée sur le mouvement est négligeable. Le pôle fixe est constitué par l'extrémité d'une pointe d'argent qu'une vis à large tête permet de déplacer micrométriquement par translation.

Si l'on désire s'affranchir du cocon, on suspend le fil de torsion à une plaquette métallique, libre de se mouvoir entre deux butées *très voisines,* suspendue elle-même au bâti de l'appareil par un ou plusieurs fils sans torsion ; dès que l'équipage franchit sa position d'équilibre, la plaquette appuie contre l'une des butées de façon à fermer le circuit inducteur, et l'équipage continue sa route comme si le point d'attache du fil de torsion était désormais fixe. Au retour, la plaquette est entraînée en sens opposé et le circuit s'ouvre au passage du mobile par sa position d'équilibre.

Au moyen du fil lui-même et d'un fil auxiliaire (paillon recuit) qui le prolonge, on conduit au cadre galvanométrique les courants induits, au moment de l'ouverture et de la fermeture du contact, dans un transformateur approprié. Comme le cadre est disposé soit entre les branches d'un large aimant en U, soit dans une bobine alimentée par un courant auxiliaire dont l'axe est perpendiculaire au plan du cadre, les impulsions motrices se produisent dans les conditions indiquées plus haut. Dans certains cas, dans l'étude de la torsion par exemple et en vue de la suppression du fil de cocon, il est avantageux de faire usage du système astatique et de conduire les cou-

rants induits à la bobine fixe. Avec le contact à butées, le fil se trouve ainsi entièrement libre de toute liaison.

Afin de supprimer les actions perturbatrices provenant du contact, il est indispensable que ses deux pôles ne présentent jamais qu'une très faible différence de potentiel.

On est ainsi conduit à utiliser un relais spécial très sensible, commandé par le contact et chargé d'ouvrir et de fermer le circuit inducteur aux instants prévus; le relais que j'ai construit permet, de plus, de ne laisser le circuit induit fermé qu'aux instants où l'induction se produit et de supprimer par suite, en très grande partie, l'effet Lenz, ce qui simplifie la théorie de l'appareil.

IV. Le système peut être établi dans des conditions telles que l'amplitude de régime ait pour valeur

$$A = \frac{\varepsilon}{\omega} e^{-\lambda \frac{\varphi}{\omega}} \sin\varphi \left(1 - e^{-\lambda \frac{\pi}{\omega}}\right)^{-1}$$

avec, dans le cas du cadre, $\varepsilon = \frac{S\psi}{\Sigma m r^2} q$ (1).

Des déterminations auxiliaires fournissent, s'il est nécessaire, les valeurs des différents paramètres qui figurent dans ces équations : ω, λ, ...

L'autobalistique répétiteur s'adapte tout spécialement à l'étude de la torsion et de tous les phénomènes dans lesquels intervient un amortissement (frottement intérieur, courants de Foucault dans des disques conducteurs, etc.). Il se prête à l'étude magnétique des fers et aciers dans des conditions où le champ magnétisant est établi et supprimé un grand nombre de fois avant que la déviation A soit atteinte, etc.

En général le coefficient λ n'est pas constant, il augmente avec l'amplitude des oscillations; de plus, si l'effet Lenz n'est pas supprimé, ou rendu négligeable, l'équation de l'appareil se complique encore. On tourne la difficulté en ramenant la déviation à une même valeur choisie A, en faisant varier par exemple la résistance du circuit induit, et l'on exprime qu'alors une même quantité d'électricité q s'écoule à chaque impulsion.

Si, par exemple, r et r' sont les résistances du circuit induit, qui correspondent à une même valeur de A et du courant inducteur, le transformateur étant vide, puis renfermant le noyau de fer étudié, on aura

$$\mu = r' r^{-1}.$$

Ainsi employé, l'appareil n'intervient plus que par sa sensibilité.

---

(1) *Électrobalistique* (*Journal de Physique*, août 1907).

ÉLECTRICITÉ. — *Machines dynamo-électriques génératrices sans collecteur.* Note de M. C. **Limb**, présentée par M. Lippmann.

Toutes les machines employées jusqu'à ce jour pour transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, sous forme de courants alternatifs ou continus, se classent en deux catégories : les magnétos et les dynamos. A part quelques applications restreintes qui ne nécessitent qu'une puissance minime, les premières sont aujourd'hui abandonnées, précisément à cause de leur trop faible puissance massique. Or l'organe *indispensable à toutes les dynamos* est le *collecteur,* tout au moins celui de leur excitatrice, s'il s'agit d'alternateurs, étant bien convenu que l'on ne fera appel qu'à une source d'énergie mécanique. Même le redresseur de la machine de Clarke, ou de ses dérivées, est un collecteur, le plus simple de tous, à la vérité, puisqu'il ne comporte que deux lames isolées électriquement; mais cependant encore un collecteur.

Dans une Note récente ([1]), j'ai eu l'honneur d'exposer à l'Académie quelques expériences sur l'auto-excitation des alternateurs au moyen de soupapes électrolytiques. Ces machines, ainsi équipées, constituent des dynamos génératrices, à courants alternatifs, où tout collecteur est absolument supprimé.

Comme les soupapes sur lesquelles elles travaillent donnent des courants redressés, *aussi peu ondulatoires qu'on le désire,* on peut donc considérer également ces machines, au moins au point de vue théorique, comme des génératrices à courant continu, sans collecteur. Ainsi ce merveilleux organe, véritablement découvert et mis au point par le génie de Gramme, cet organe qui, on peut le dire, est seul cause du développement extraordinaire des applications industrielles de l'électricité, deviendrait désormais inutile, au moins théoriquement (je n'ose encore dire pratiquement).

Peut-être pourrait-on cependant, sans trop de prétention, prévoir d'ores et déjà la construction de génératrices, même à courant continu, pouvant rendre des services dans la pratique. On sait que la plus grande difficulté dans la construction et dans l'emploi des dynamos puissantes à courant continu réside dans le collecteur et dans les frotteurs ou balais destinés à capter le courant. Les génératrices employées dans les stations centrales, et plus encore dans les usines électrochimiques, génératrices qui débitent

---

([1]) *Comptes rendus,* 18 mai 1908, p. 1014.

plusieurs milliers d'ampères, sont munies de monstrueux collecteurs et d'une véritable armée de balais frotteurs. Pour l'exploitant, l'entretien de ces organes est une préoccupation constante et, pour le constructeur, c'est là toute la difficulté. Il faut en effet, pour éviter les étincelles ou *crachements* aux balais, qui sont la principale cause de leur usure et de la rapide destruction du collecteur, étudier les formes des pièces polaires, l'induction magnétique, fractionner convenablement l'induit, etc., afin d'obtenir une bonne commutation sans étincelles; mais il reste toujours une incertitude à ce sujet, les calculs pratiques sur la commutation étant, il faut l'avouer, encore bien douteux.

Avec notre système, il suffirait de prévoir les soupapes avec des surfaces assez grandes; mais il est mieux encore d'en augmenter le nombre en multipliant les prises de courant sur l'enroulement induit, fixe de préférence, l'inducteur étant mobile. On augmente ainsi sans difficulté le nombre de phases, ce qui diminue les ondulations du courant redressé. Le résultat est absolument le même, à ce point de vue, que celui qu'on obtient en augmentant le nombre des lames d'un collecteur, c'est-à-dire le fractionnement de l'induit.

Quant aux génératrices à courant continu à très haute tension, 20000^{volts} ou 30000^{volts} et même davantage, elles deviennent d'une construction relativement facile, le collecteur étant supprimé. Dans ce cas il faut remplacer une soupape simple par un nombre suffisant de petites soupapes en tension : celles à clapet d'aluminium construites actuellement peuvent retenir jusqu'à 150^{volts} environ.

J'ai supposé l'emploi de soupapes électrolytiques, mais toute autre pourrait vraisemblablement convenir. C'est en perfectionnant cet organe qu'on obtiendra un rendement satisfaisant, ainsi qu'un bon fonctionnement de ces génératrices sans collecteur.

ELECTRICITÉ. — *La stabilité de l'arc alternatif, fonction du poids atomique des métaux-électrodes*. Note de MM. **C.-E. Guye** et **A. Bron**, présentée par M. A. Lippmann.

Dans une précédente Note (¹), nous avons fait ressortir le rôle capital que peut jouer la période d'extinction sur la valeur de la différence de potentiel

(¹) C.-E. Guye et A. Bron, *Différence de potentiel et stabilité de l'arc alternatif entre métaux* (*Comptes rendus*, séance du 25 mai 1908).

aux électrodes d'un arc alternatif entre métaux, même lorsque cet arc a toutes les apparences d'une grande stabilité.

Ces conditions nous paraissent éclairer d'un jour nouveau les résultats de recherches antérieures, résumées dans le Tableau ci-après.

Contrairement aux expériences de la Note précitée, ces expériences ont été effectuées *dans des conditions où la période d'extinction n'était certainement pas négligeable*.

Il est donc intéressant de les comparer avec celles de la Note précitée, où nous avions atteint les *conditions d'extrême stabilité*.

Différences de potentiel aux électrodes (volts efficaces) observées par MM. C.-E. Guye et B. Monasch (*Éclairage électrique*, 28 février, 14 mars et 4 avril 1903).

	C.	Mg.	Fe.	Ni.	Cu.	Ag.	Cd (*).	Pt.	Au.	
$d = 3^{mm}$	»	»	»	590	650	660	480	770	790	I = 0,05 amp. efficaces
= 5	»	»	»	770	825	830	650	920	950	
= 7	»	»	»	960	1010	1000	810	1000	»	
$d = 3$	»	500	650	650	690	710	550	830	880	I = 0,04 »
= 5	640	700	850	850	870	900	725	1000	1070	
= 7	»	890	1050	1050	1070	1100	890	1150	1270	
$d = 3$	»	600	690	740	780	790	730	»	1070	I = 0,03 »
= 5	»	820	910	950	980	990	900	»	1320	
= 7	»	1040	1130	1170	1180	1210	1080	»	»	
Poids atomiques.	12	24	56	59	63	108	111	194	197	

On voit qu'à l'exception du cadmium qui émet d'abondantes vapeurs, la différence de potentiel efficace est d'autant plus grande que le poids atomique du métal-électrode est plus élevé; les différences sont cependant trop petites, les expériences insuffisamment nombreuses, et surtout le phénomène est trop complexe pour qu'il soit permis de tirer de ces observations une relation numérique quelconque.

Nous remarquons cependant, en nous appuyant sur les conclusions de la Note précitée, que les différences de potentiel, pour une même longueur d'arc et une même intensité de courant, peuvent être attribuées à la durée plus ou moins grande de la période d'extinction, qui serait d'autant plus prolongée que le poids atomique du métal-électrode est plus élevé. En d'autres mots, *pour que l'arc puisse se rétablir à chaque alternance, il faut que la différence de potentiel qui précède immédiatement l'allumage atteigne une valeur d'autant plus grande que le poids atomique du métal-électrode est lui-même plus grand.*

Reste à expliquer le pourquoi de cette corrélation.

L'explication qui nous paraît à la fois la plus simple et la plus probable doit être recherchée, nous semble-t-il, dans la loi de Dulong et Petit.

La chaleur spécifique étant en raison inverse du poids atomique, il en résulte que l'abaissement de température qui se produit à chaque extinction à la cathode est d'autant plus grand que le poids atomique est plus élevé. Il n'est donc plus surprenant que le réallumage de l'arc nécessite alors une différence de potentiel et par conséquent une durée plus grande de la période d'extinction (1).

Dans les conceptions actuelles sur le mécanisme de l'arc, on pourrait admettre aussi que les électrons projetés par la cathode incandescente et qui sont la condition nécessaire à l'établissement de l'arc doivent prendre une vitesse d'autant plus grande que la vapeur métallique adjacente qu'ils doivent ioniser a un poids atomique plus élevé.

Cette vitesse étant précisément déterminée par la différence de potentiel, la conséquence serait également une prolongation de la période d'extinction.

Les deux explications ne s'excluent d'ailleurs pas l'une l'autre.

PHYSIQUE. — *Sur l'orientation des cristaux par le champ magnétique. Importance, au point de vue de la symétrie cristalline, des propriétés optiques des liqueurs mixtes.* Note de MM. **A. Cotton** et **H. Mouton**, présentée par M. J. Violle.

I. Les expériences de Faraday et la théorie des phénomènes magnéto-cristallins ont conduit à admettre que, dans un champ magnétique uniforme, un fragment cristallin tend à prendre une orientation qui ne dépend ni de sa forme ni du milieu qui l'entoure (les métaux ferro-magnétiques et leurs sels étant exclus). Dans une Note récente, M. Meslin (2) arrive à la conclusion que cette opinion classique serait inexacte dans certains cas. Nous nous proposons d'abord de montrer que le calcul de M. Meslin, d'ailleurs exact, ne conduit pas à modifier en quoi que ce soit les conclusions admises depuis

---

(1) Cette manière de voir suppose que les conditions de refroidissement sont sensiblement les mêmes dans une même série horizontale. Ce devait être approximativement le cas dans ces expériences. Les électrodes métalliques étaient en effet très courtes et fixées toujours aux extrémités de deux mêmes tiges de cuivre. En outre, aux très hautes températures, le refroidissement par rayonnement (approx. loi de Stefan) doit être prépondérant et peu différent d'un métal à l'autre. D'autre part, la conductibilité calorifique des métaux diminue avec la température, ce qui contribue à assurer encore la prépondérance au refroidissement par rayonnement.

(2) Meslin, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 22 juin 1908, p. 1305.

Faraday, si l'on tient compte de l'ordre de grandeur des quantités qui entrent en jeu.

Considérons, avec M. Meslin, un ellipsoïde cristallin mobile autour d'un de ses axes c et placé dans un champ magnétique uniforme. Soient a, b les longueurs des deux autres axes, k_1, k_2 les valeurs correspondantes de la *perméabilité*, k la perméabilité du milieu ambiant. M. Meslin trouve que, si l'on a $a > b$, $k_1 < k_2$, le cristal change d'orientation pour une valeur de k qui est racine d'une équation du second degré que l'on peut former. Or, si l'on transforme cette équation en mettant en évidence les susceptibilités x ($k = 1 + 4\pi x$) et si l'on tient compte de l'ordre de grandeur connu de ces coefficients, on trouve que l'une et l'autre des racines de cette équation (qu'il faudrait envisager toutes deux) ne sont pas d'un ordre de grandeur acceptable. Il faudrait, pour qu'il en soit ainsi, que $x_1 - x_2$ soit de l'ordre de 10^{-11} ou 10^{-12}. Une substance dont les susceptibilités principales différeraient aussi peu serait sollicitée par un couple très faible [1] et l'on ne pourrait, dans les conditions ordinaires, observer son orientation.

II. Le fait que dans un champ *magnétique* l'orientation d'un fragment cristallin ne dépend pas du milieu qui l'entoure simplifie considérablement l'étude des propriétés magnéto-optiques des liqueurs mixtes, propriétés qui dépendent, comme on sait, de cette orientation. Les valeurs de la perméabilité des liquides ne jouent aucun rôle et la seule façon simple de grouper les faits consiste à classer ensemble les liqueurs dérivées d'un même solide. Cette remarque est indépendante de toute théorie optique du dichroïsme magnétique. Nous avons montré ailleurs [2] comment on peut préciser cette théorie et rendre compte des faits connus jusqu'ici. M. Chaudier, dans sa thèse récente sur les propriétés électro-optiques des liqueurs mixtes, a été conduit, sans connaître notre travail, à admettre (en ce qui concerne le dichroïsme) une explication qui revient à la nôtre [3]. Il a

---

[1] Le couple qui s'exerce sur un ellipsoïde isotrope, de susceptibilité x', dans un milieu de susceptibilité x, est proportionnel à $(x - x')^2$, tandis que celui qui agit, toutes choses égales d'ailleurs, sur un ellipsoïde cristallin est proportionnel à $x_1 - x_2$. En prenant même $x - x' = 10^{-6}$ le couple exercé sur l'ellipsoïde isotrope est environ 10^5 fois plus petit que sur un ellipsoïde identique en spath. Or les couples sont encore plus petits si *l'effet forme* et *l'effet cristal* dont parle M. Meslin s'opposent l'un à l'autre.

[2] *Annales de Chimie et de Physique*, t. XI, juillet 1907, p. 330 (note 3).

[3] Pour ce qui concerne la biréfringence magnétique, que nous expliquons en considérant la lumière transmise par les fragments cristallins (supposés uniaxes pour simplifier), nous ferons remarquer que nos prévisions relatives à la règle de Majorana se sont trouvées vérifiées par les observations de M. Chaudier (*Thèse de Doctorat*, Paris, 1908).

obtenu des résultats très simples en classant les liqueurs comme on vient de le dire.

III. Nous ajouterons que les phénomènes présentés par les liqueurs mixtes nous paraissent présenter un certain intérêt au point de vue de l'étude des symétries, si l'on poursuit simultanément, comme l'a fait M. Chaudier, l'étude des phénomènes magnéto- et électro-optiques.

Les propriétés magnétiques d'un cristal sont représentées (en première approximation) par un ellipsoïde E_m dont le grand axe tend à se placer dans la direction du champ magnétique. Les propriétés électriques sont représentées par un autre ellipsoïde E_e dont le grand axe se dirige aussi suivant les lignes de force, si les cristaux ne sont pas trop allongés. Enfin les propriétés optiques, pour une radiation donnée, sont représentées par un troisième ellipsoïde E_o. On ne peut rien dire actuellement de général sur les relations de ces trois ellipsoïdes, sinon que les éléments de symétrie du cristal leur appartiennent à tous trois.

En poursuivant l'étude des propriétés optiques des liqueurs mixtes, on peut préciser ces relations dans certains cas, et l'on pourrait même parfois reconnaître les éléments de symétrie eux-mêmes. Les observations sur les dichroïsmes magnétique et électrique suffiraient déjà à diviser les cristaux en deux groupes : ceux où les grands axes de E_m et E_e coïncident, et ceux où il en est autrement. Dans le premier cas, les deux dichroïsmes ont le même signe et la même valeur à saturation : M. Chaudier en a rencontré des exemples. Plaçons-nous dans le second cas; on pourrait distinguer une substance orthorhombique d'une substance uniaxe en faisant agir sur la liqueur *simultanément* deux champs à angle droit, l'un magnétique, l'autre électrique. *Tous les petits fragments qu'elle contient se trouveraient en effet complètement orientés de la même façon.* Observons successivement la liqueur dans les directions des deux champs : si la matière en suspension est uniaxe, on trouvera que pour l'une de ces deux directions la liqueur mixte reste isotrope.

On voit ainsi comment l'étude des liqueurs mixtes peut renseigner sur les propriétés des cristaux microscopiques qu'elles renferment, propriétés que dans bien des cas il serait impossible d'étudier autrement.

PHYSIQUE. — *Les phénomènes de Bose et les lois de l'électrisation de contact.* Note de M. **Édouard Guillaume**, présentée par M. J. Violle.

M. J.-C. Bose (Calcutta) a signalé la propriété suivante [1]:

Un fil métallique tordu brusquement au sein d'un électrolyte manifeste un

---

[1] J.-C. Bose, *Response in the Living and non-Living*, Calcutta, 1902, et *J. de Phys.*, 4e série, t. I, 1902, p. 481.

phénomène électrique momentané (réponse électrique) *décelé par un galvanomètre balistique. Si l'on tord le fil plusieurs fois de suite, l'intensité du phénomène diminue ; en laissant le fil* se reposer, *les décharges réapparaissent à la torsion.* C'est ce phénomène que M. Bose nomme *la fatigue* de la matière.

Une étude expérimentale m'a conduit aux résultats suivants :

1° Un fil métallique *parfaitement propre,* tordu au sein d'un électrolyte qui ne l'attaque pas, ne donne *aucun* phénomène électrique.

2° Si le métal est altérable (Cu, Zn, etc.), on pourra, en tordant brusquement le fil après l'avoir laissé quelque temps dans l'électrolyte, observer un phénomène électrique momentané. Le fil s'est recouvert d'une mince *couche* grisâtre et :

a. La déviation du galvanomètre est toujours *de même sens* quelle que soit la façon dont on tord le fil ;

b. Pour un même angle de torsion et pour des opérations faites périodiquement, l'arc d'impulsion du galvanomètre est dans certaines limites proportionnel à cette période (phénomène de fatigue) ;

c. Les arcs d'impulsion du galvanomètre sont, pour des opérations faites à des intervalles de temps égaux, dans certaines limites proportionnels aux angles de torsion ;

d. La proportionnalité des impulsions à celles que donne un phénomène d'induction lorsqu'on fait varier dans une large mesure la résistance du circuit montre que le phénomène de Bose est *une force électromotrice instantanée,* qui peut atteindre un millivolt-seconde.

3° Si le métal est peu altérable (Ag, Pt, etc.) on pourra, en tordant le fil dans l'électrolyte, obtenir néanmoins une force électromotrice instantanée appréciable, en ayant soin de recouvrir le fil d'une *mince couche poreuse* pratiquement inattaquable dans les conditions de l'expérience. Par exemple, un fil d'argent peut être recouvert d'une mince couche poreuse d'iodure d'argent, un fil de platine d'une mince couche de kaolin durci au feu ou d'une mince couche de gélatine. Les déviations du galvanomètre décroissent alors avec leur nombre sans que le repos du fil permette de retrouver les déviations primitives. Le revêtement du fil *se désagrège* sous l'influence de la torsion. Ceci explique le phénomène de *fatigue.*

4° On prévoit la *grandeur relative* et le *signe* de la force électromotrice instantanée par les *règles de l'osmose électrique* de M. J. Perrin ; les nombres

suivants se rapportent à un fil de platine recouvert de gélatine :

Nature des ions agissants.	Nature de la solution en molécules-grammes par litre.	Signe.	Force électromotrice instantanée en microvolts-secondes.	Observations.
OH^-	$\frac{1}{1000}$ NaOH	—	33,7	
$OH^- + SO_4^{--}$	$\frac{1}{1000}$ NaOH + $\frac{1}{1000}$ Na_2SO_4	—	31,8	Sans action
H^+	$\frac{1}{1000}$ HCl	+	36,0	
$H^+ + SO_4^{--}$	$\frac{1}{1000}$ HCl + $\frac{1}{1000}$ Na_2SO_4	+	15,8	Affaiblissement
OH^-	$\frac{1}{1000}$ KOH	—	40,0	
$OH^- + FeCy_6^{----}$	$\frac{1}{1000}$ KOH + $\frac{1}{1000}$ $FeCy_6K_4$	—	39,6	Sans action
H^+	$\frac{1}{1000}$ HCl	+	36,0	
$H^+ + FeCy_6^{----}$	$\frac{1}{1000}$ HCl + $\frac{1}{1000}$ $FeCy_6K_4$	—	35,5	Changem[t] de signe
H^+	$\frac{1}{1000}$ HCl	+	33,7	
$H^+ + Ba^{++}$	$\frac{1}{1000}$ HCl + $\frac{1}{1000}$ $Ba(NO_3)_2$	+	36,0	Sans action
OH^-	$\frac{1}{1000}$ NaOH	—	33,7	
$OH^- + Ba^{++}$	$\frac{1}{1000}$ NaOH + $\frac{1}{1000}$ $Ba(NO_3)_2$	—	19,1	Affaiblissement
H^+	$\frac{1}{1000}$ HCl	+	38,	
$H^+ + La^{+++}$	$\frac{1}{1000}$ HCl + $\frac{1}{1000}$ $La(NO_3)_3$	+	36,0	Sans action
OH^-	$\frac{1}{50}$ KOH	—	42,4	
$OH^- + La^{+++}$	$\frac{1}{50}$ KOH + $\frac{1}{1000}$ $La(NO_3)_3$	—	2,5	Affaibl[t] considérable
$OH^- + La^{+++}$	$\frac{1}{1000}$ KOH + $\frac{1}{500}$ $La(NO_3)_3$	+	1,2	Changem[t] de signe

Le phénomène de Bose se rattache donc, par un mécanisme encore inexpliqué, à des propriétés connues; il est inutile d'attribuer à la matière minérale certaines propriétés de la matière vivante.

PHYSIQUE. — *Le phénomène de Bose-Guillaume et l'électrisation de contact.* Note de M. **Jean Perrin**, présentée par M. J. Violle.

L'analyse expérimentale par laquelle M. Guillaume a relié aux règles d'électrisation que j'ai données [1] un phénomène jusqu'ici resté isolé peut se résumer comme il suit :

1° Si l'on plonge dans un électrolyte deux fils d'un même métal dont l'un est habillé d'une gaine poreuse et si l'on tord ce dernier, il cesse d'être au même potentiel que l'autre. La force électromotrice ainsi développée par une torsion donnée disparaît très rapidement.

---

[1] *Comptes rendus*, 1903, et surtout *Journal de Chimie physique de Genève*, 1903-1904.

2° Le sens et la grandeur de cette force électromotrice sont déterminés par la présence de certains ions, même en quantités très petites. Ce sont précisément les ions dont j'ai montré qu'ils déterminent le sens et la grandeur de l'électrisation que prend un diélectrique par contact avec l'électrolyte.

De façon plus précise, les ions H^+ et OH^- agissent très fortement, en sens inverse l'un de l'autre, mais sont *paralysés* par les ions polyvalents du signe opposé. La corrélation est frappante et le Tableau numérique donné par M. Guillaume présente un parallélisme évident avec ceux que j'ai publiés.

Reste à trouver le mécanisme qui explique cette corrélation. Je propose l'explication suivante :

La gaine spongieuse du fil en expérience, imbibée par la liqueur, se charge au contact de celle-ci tout le long de l'énorme surface de ses replis. La liqueur qui l'imprègne contient donc un excès de charges du signe inverse (couche double de Quincke-Helmholtz).

Si alors on tord le fil, ce qui tord la gaine spongieuse, un peu de ce liquide *chargé* suinte de cette éponge vers l'électrolyte extérieur, d'où résulte une différence de potentiel entre les deux fils qui se trouvent de part et d'autre de la gaine. Cette différence de potentiel sera donc déterminée par les causes qui agissent sur l'électrisation de contact entre la matière de la gaine et la liqueur. Il est aisé de voir que ceci est en très bon accord avec chacun des résultats de M. Guillaume.

Le phénomène peut être rapproché de celui qu'on obtient en faisant filtrer un électrolyte au travers d'un diaphragme poreux : l'entraînement de charges de contact par la liqueur produit de part et d'autre du diaphragme une différence de potentiel notable (*force électromotrice de filtration*).

PHYSIQUE. — *Sur une relation entre les propriétés magnétiques et les propriétés chimiques de sels complexes dérivés du fer.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Dans le travail que je résume ici, j'ai déterminé la susceptibilité magnétique de diverses solutions, contenant toutes le même poids de fer au centimètre cube, mais à divers états. Je me suis servi dans ce but de la méthode bien connue de la dénivellation dans un tube en U, dont une branche est dans l'entrefer d'un électro-aimant, et l'autre à l'extérieur du champ magné-

tique ([1]). D'ailleurs, par mesure de précaution, j'ai constaté que les réactifs servant à la préparation des solutions ne modifiaient pas, de façon appréciable, les propriétés magnétiques de l'eau, au moins au degré de dilution où je les employais.

Mes expériences ont porté sur des solutions de chlorure $FeCl^3$, de ferricyanure de potassium $Fe^2(CAz)^{12}K^6$, de ferripyrophosphate de sodium $Fe^2(P^2O^7)^3Na^6$, de ferrimétaphosphate $Fe^2(PO^3)^{12}Na^6$, et aussi sur une solution ammoniacale de pyrophosphate ferrique contenant des sels complexes encore à l'étude. Toutes ces solutions contenaient $2^g,85$ de fer par litre.

En prenant pour valeur de la susceptibilité magnétique de l'eau $-7,5.10^{-7}$ C.G.S. à la température des expériences, soit 300° absolus, j'ai trouvé, pour susceptibilités des diverses solutions :

Ferricyanure de potassium	$-6,55\ .10^{-7}$
Solution ammoniacale de pyrophosphate ferrique ...	$-3,71\ .10^{-7}$
Ferripyrophosphate de sodium	$-2,39\ .10^{-7}$
Ferrimétaphosphate de sodium	$-0,660.10^{-7}$
Chlorure ferrique.................................	$-1,20\ .10^{-7}$

On voit donc que le diamagnétisme de l'eau est fort peu diminué par le ferricyanure, davantage par le ferripyrophosphate, beaucoup plus et presque au même degré par le ferrimétaphosphate et le chlorure ferrique.

Or les caractères analytiques des solutions correspondantes peuvent être résumés dans ce Tableau :

	Sels ferriques.	Ferrimétaphosphate.	Ferripyrophosphate.	Sel ammoniacal.	Ferricyanures.
AzH^4HS...	précipité	précipité	précipité	précipité	décoloration
NaOH.....	»	coloration rouge	coloration rouge	rien	rien
$FeCy^6K^4$...	»	coloration bleue	rien	»	»

On constate donc une variation parallèle des caractères magnétiques et analytiques du fer dans ces divers composés.

Il était intéressant, comme vérification, de détruire dans une des solutions le complexe ferrique par un acide, pour voir si le retour vers les sels ferriques ordinaires serait accompagné d'un paramagnétisme croissant. Voilà les résultats concluants obtenus sur ce point.

([1]) Les champs employés ont varié de 4000 à 25000 gauss.

Une solution ammoniacale de pyrophosphate ferrique à $2^g,1$ de fer par litre a une susceptibilité égale à $-4,63.10^{-7}$. Quand on forme une solution ayant même titre en fer et ammoniaque, mais contenant en plus $\frac{1}{10}$ de HCl, on trouve pour susceptibilité $-2,52.10^{-7}$. De plus, la solution acide présente alors les caractères atténués des sels de fer. On a donc eu à la fois accentuation du paramagnétisme et des caractères ferriques, sans être cependant, même à chaud, revenu à l'état de sels ferriques ordinaires, ce qu'indique d'ailleurs la coloration encore verdâtre de la solution.

Inversement, l'addition de potasse à un ferripyrophosphate a relevé le diamagnétisme de la solution, comme l'aurait fait l'ammoniaque. Il était à prévoir la formation d'un dérivé complexe, et non une rétrogradation du sel complexe initial ; c'est en effet ce que montrent les réactifs ordinaires du fer.

Il semble donc bien démontré que, dans cette famille de composés complexes du même type, la dégradation des propriétés chimiques du fer, au point de vue analytique, s'accompagne d'une dégradation parallèle de ses propriétés d'élément magnétique.

J'ajouterai que ces solutions présentent, comme l'eau, le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique. De plus on constate sur le ferrimétaphosphate et surtout sur le ferripyrophosphate, le phénomène de la biréfringence magnétique (Q. Majorana, Cotton et Mouton), dont le chlorure ferrique semble privé aux concentrations employées.

PHYSIQUE. — *Note sur les chaleurs d'échauffement de la barytine, de la withérite et de la chaux fondue.* Note (¹) de M. **Latschenko**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Ces expériences ont été entreprises dans le but de rechercher si les variations de la chaleur d'échauffement des corps aux températures élevées pouvaient donner l'explication de quelques difficultés rencontrées dans certaines applications des lois de la Mécanique chimique, à la dissociation du carbonate de chaux, par exemple.

L'échantillon du corps étudié était chauffé dans un petit creuset, fermé par un couvercle, percé d'un trou pour laisser passer le thermomètre. On

(¹) Reçue dans la séance du 29 juin 1908.

maintenait la température fixe pendant 10 minutes, puis on prenait le creuset avec une pince pour le porter au-dessus du calorimètre et l'on renversait brusquement le corps dans l'eau du calorimètre. On s'est assuré que pendant le transport il n'y avait pas de changement appréciable de température à l'intérieur du creuset, sa surface extérieure se refroidissant seule. Le calorimètre était du modèle de Berthelot, avec un vase intérieur en platine d'un demi-litre de capacité. Les poids de corps employés ont varié, suivant la température initiale et suivant la nature du corps, de 3^g à 7^g, de façon à avoir toujours dans le calorimètre une élévation de température supérieure à 1°.

Barytine. — Une première série d'expériences a porté sur le sulfate de baryte naturel, corps ne présentant aucun changement moléculaire, au moins jusqu'à 1000°, limite supérieure des températures étudiées. Le Tableau numérique ci-dessous et la courbe annexée donnent les valeurs des chaleurs spécifiques moyennes à partir de la température de 150° :

Température.	Chaleur spécifique.	Température.	Chaleur spécifique.
150°	0,114	500°	0,129
170	0,115	890	0,132
300	0,125	1050	0,129

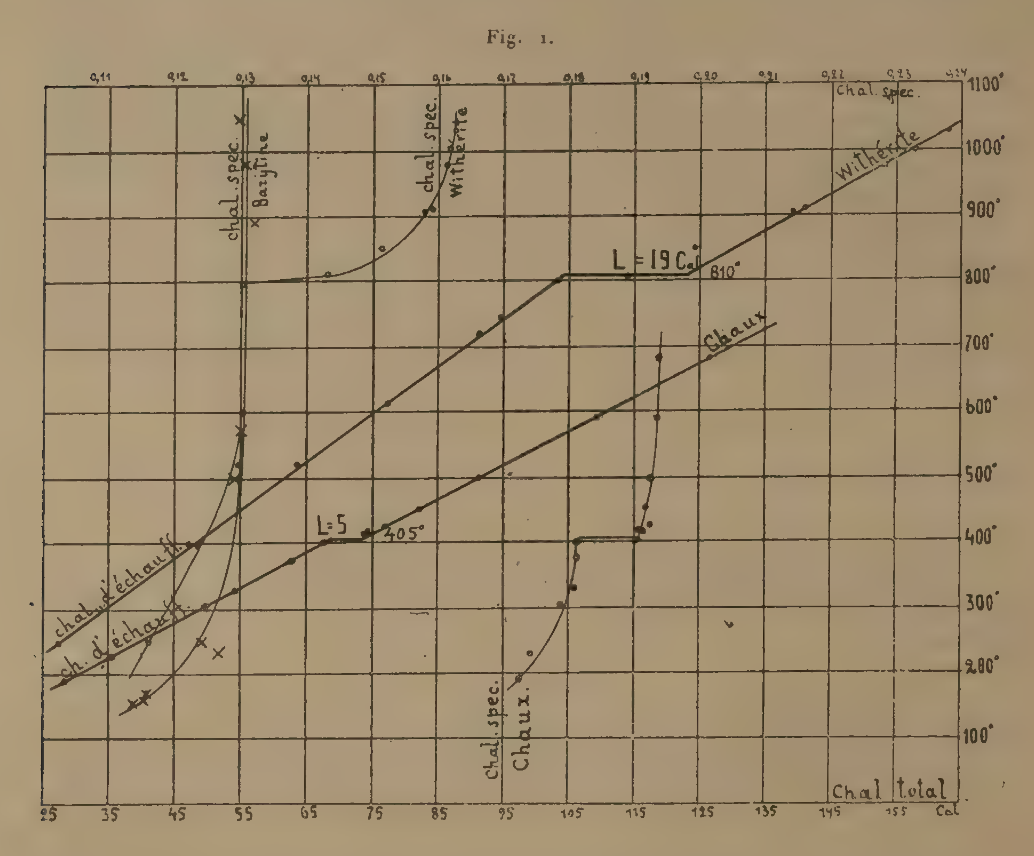
La chaleur spécifique de la barytine croît donc d'abord régulièrement jusqu'à 500° environ et ensuite reste sensiblement constante depuis 500° jusqu'à 1050° avec la valeur moyenne de 0,13.

Withérite. — On sait que le carbonate de baryte présente vers 800° une transformation moléculaire accompagnée d'un changement calorifique important. Les mesures faites ont confirmé l'existence de cette transformation et montré qu'elle était accompagnée à l'échauffement d'une absorption de 19 petites calories par 1^g de matière, soit 3,75 grandes calories pour un poids moléculaire $= 197^g$. Le Tableau ci-dessous et les courbes donnent les chaleurs d'échauffement observées et la chaleur spécifique moyenne brute, calculée en divisant cette chaleur d'échauffement par l'écart des températures.

Température.	Chaleur totale d'échauffement.	Chaleur spécifique.
°	Cal	Cal
250..........	26,9	0,116
520..........	63,3	0,126
720..........	91,0	0,130
800..........	103,3	0,130
810..........	113,4	0,143
850..........	124,4	0,151
905..........	138,7	0,158
975..........	153,2	0,161
1030..........	163,2	0,162

Chaux fondue. — Les expériences ont été faites sur de la chaux fondue au four électrique. On avait espéré pouvoir, en raison de la compacité de cette chaux, employer la méthode calorimétrique ordinaire consistant à plonger directement le corps dans l'eau d'un calorimètre. Mais les expériences ont montré que, si cette supposition était exacte avec un morceau de chaux employé pour la première fois, il n'en est plus de

Fig. 1.



même après des chauffages répétés. La chaux se fendille peu à peu et acquiert une plus grande aptitude à l'hydratation rapide, et la chaleur résultant de cette réaction avec l'eau du calorimètre fausse les mesures. Voici les chaleurs successives obtenues en répétant l'expérience plusieurs fois sur le même échantillon à la température de 400° :

Première expérience.	Deuxième expérience.	Troisième expérience.	Quatrième expérience.
0,180	0,182	0,190	0,199

Les expériences ont été finalement faites avec le pétrole comme liquide calorimétrique. Le Tableau ci-après et les courbes résument les résultats des expériences. On en a rapproché quelques chiffres obtenus avec l'eau dans des expériences où le morceau

de chaux servait pour la première fois. Les résultats, dans ce cas, sont identiques avec les deux liquides.

Température.	Chaleur totale d'échauffement.	Calorimètre à l'eau en calories-grammes.	Calorimètre au pétrole en calories-grammes.
190°	28,4	0,171	0,172
225	35,1	»	0,174
290	49,8	0,179	0,179
375	63,4	»	0,181
400	67,9	0,181	0,181
415	74,4	»	0,190
450	80,9	0,191	0,191
500	91,3	»	0,192
590	109,2	»	0,193
680	126,5	»	0,193

Ces expériences conduiraient à admettre l'existence d'un changement moléculaire se produisant à 405°-410° accompagné d'une absorption de chaleur latente assez faible, 5 petites calories pour 1^{g} ou 0,28 grande calorie pour un poids moléculaire de 56^{g}. Ce résultat demanderait à être confirmé par l'étude d'autres propriétés physiques de la chaux.

RADIOGRAPHIE. — *Sur le développement des clichés en radiographie.* Note de M. **Maxime Ménard**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le développement des clichés en radiographie joue un rôle des plus importants. Si je m'en rapporte à mes expériences personnelles, un cliché trop développé ou au contraire insuffisamment *poussé* ne reproduira pas tous les détails anatomiques d'une région méthodiquement radiographiée, la technique employée étant la même pour chacune des épreuves à comparer.

Première expérience. — Si je considère, par exemple, les radiographies 1, 2 et 3 (reins dont les artères sont injectées avec une solution contenant en suspension de la craie et du sulfure rouge de mercure), je remarque que le parenchyme rénal est nettement visible sur la radiographie n° 3, tandis qu'il l'est à peine sur la radiographie n° 1, pour ne plus l'être du tout sur la radiographie n° 2.

Deuxième expérience. — Les radiographies 4 et 5 représentent les deux genoux du cadavre d'un enfant de 6 ans. Sur l'épreuve n° 5 nous voyons le quadriceps crural et son tendon, le tendon rotulien, etc.; toutefois les condyles du fémur et du tibia sont à peine visibles.

La radiographie n° 4, dont le développement est un peu plus *poussé* que celui de la

précédente, nous permet au contraire de voir plus parfaitement le squelette. En revanche, les masses musculaires et tendineuses sont moins visibles que sur l'épreuve n° 5; certaines même ont complètement disparu.

Troisième expérience. — Les épreuves n°s 6 et 7 représentent les $\frac{2}{3}$ inférieurs de la jambe d'un enfant de 8 ans atteint d'une fracture du tibia.

La radiographie n° 6, incomplètement développée, ne laisse pas apercevoir ni même soupçonner la moindre solution de continuité du tissu osseux.

L'épreuve n° 7, dont le développement est suffisant, montre très nettement le trait de fracture de même que certains détails d'architecture du tibia et du péroné.

Quatrième expérience. — Les radiographies n°s 8 et 9 sont celles des deux genoux d'un homme de 35 ans. La radiographie du genou gauche, insuffisamment développée, ne donne pas trace de la rotule, visible au contraire sur la radiographie du genou droit.

La technique suivie ayant été la même pour les différentes radiographies de chacune des séries de mes expériences, le développement seul des clichés ayant varié, je crois pouvoir conclure que :

1° *Avec un même bain de développement on peut, en radiographie; modifier l'énumération des détails anatomiques visibles et même en supprimer un certain nombre, cela en poussant plus ou moins le développement du cliché.*

2° *L'anatomie est donc un guide précieux pour qui est appelé à développer un cliché radiographique.*

PHYSICO-CHIMIE. — *Influence du milieu sur les mouvements browniens.* Note de M. Victor Henri, présentée par M. A. Dastre.

Dans la séance du 18 mai, j'ai indiqué la technique de la mesure des mouvements browniens et les premiers résultats relatifs à ces mouvements dans l'eau distillée. J'ai entrepris l'étude des phénomènes de coagulation et d'agglutination en faisant des cinématographies microscopiques d'émulsions très fines additionnées de quantités variables de l'agent coagulant. Les résultats que je présente ont été obtenus avec le latex de caoutchouc dilué environ 500 fois; la grosseur des grains est en moyenne de 1^{μ}.

Dans une Note antérieure (25 février 1907) j'avais montré que le latex de caoutchouc est *coagulé* par des acides et que ce même latex est *agglutiné* par l'addition d'alcalis; dans le premier cas, les granules se réunissent entre eux en formant un réseau à mailles très fines; avec les alcalis, au contraire, on obtient des amas de granules irréguliers ne présentant aucune structure définie.

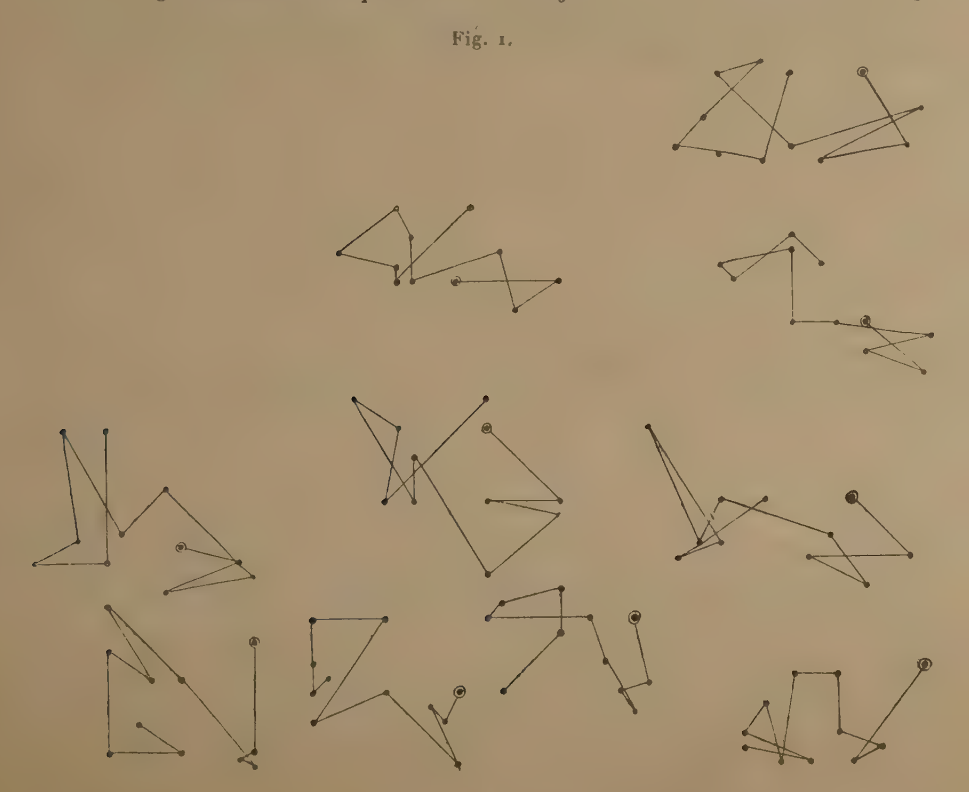
J'ai fait des microphotographies cinématographiques avec un grossisse-

ment de 600 diamètres de latex dilué additionné de quantités croissantes d'acide chlorhydrique ou acétique, de soude, d'urée et d'alcool, et j'ai étudié les images obtenues pour des doses de ces corps qui ne produisent pas de coagulation. L'urée a été choisie comme type d'un corps qui ne coagule pas le latex et qui n'est pas un électrolyte; l'alcool est un coagulant.

Résultats. — *Les mouvements browniens sont ralentis par l'addition d'un agent coagulant avant le phénomène de coagulation. En présence d'alcali, ces mouvements sont deux fois plus lents, et en présence d'acide ils sont neuf fois plus faibles que dans l'eau distillée.*

Les trois figures suivantes représentent les trajectoires des mouvements des gra-

Fig. 1.



nules dans l'eau distillée, dans la soude $\frac{1}{10}$ normale et dans l'acide chlorhydrique $\frac{1}{32}$ normale; ces trajectoires sont tracées à la même échelle et l'intervalle de temps entre deux positions successives d'un granule est égal à $\frac{1}{20}$ de seconde.

Les mesures des déplacements correspondant à $\frac{1}{20}$ de seconde ont donné en moyenne :

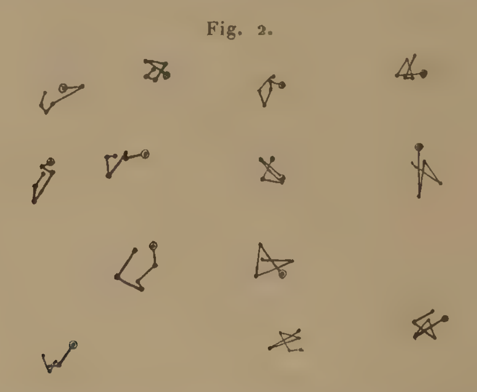
Dans l'eau distillée	0,62 μ
» la soude $\frac{1}{10}$ N	0,31
» H Cl $\frac{1}{32}$ N	0,07

Ces nombres sont des moyennes des déplacements moyens pour 10 granules dans la solution alcaline et 12 granules dans l'acide; voici les valeurs de ces déplacements moyens :

Eau distillée	0,58 μ	0,55 μ	0,52 μ	0,56 μ	0,70 μ	0,64 μ	0,67 μ	0,71 μ	0,55 μ	0,70 μ	»	»
Alcali	0,27	0,37	0,23	0,25	0,31	0,38	0,37	0,27	0,27	0,37	»	»
Acide	0,05	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,07	0,10	0,08	0,05	0,08	0,08

Avec de l'acide acétique, on obtient le même ralentissement, seulement on est obligé de prendre de l'acide beaucoup plus dilué, égal à $\frac{1}{1000}$ normale; remarquons

Fig. 2.



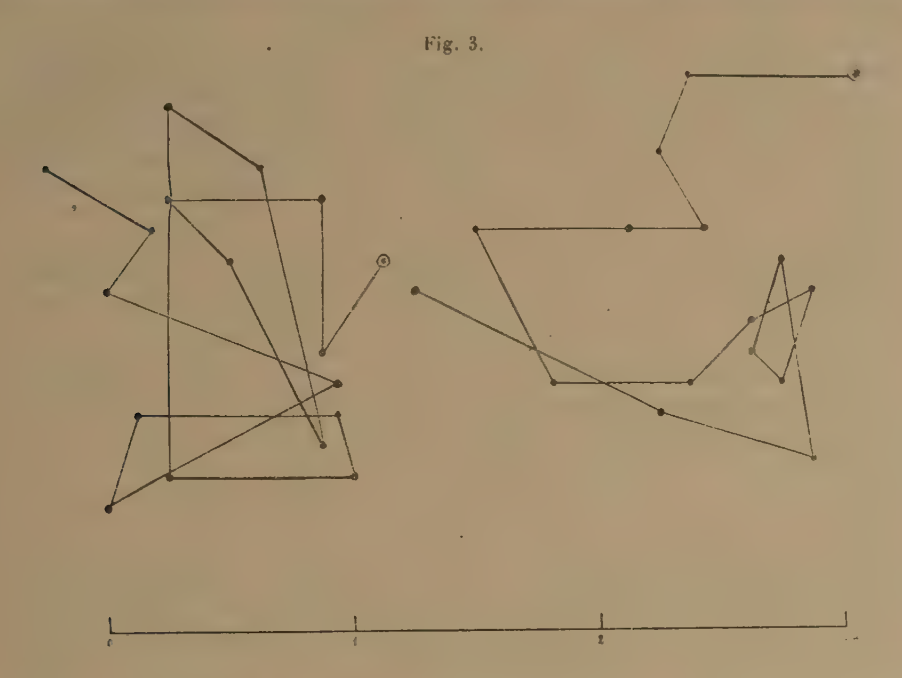
que l'acide acétique coagule le latex pour une dose bien plus faible que l'acide chlorhydrique.

Je me suis demandé si ce ralentissement des mouvements browniens, qui se produit avant la coagulation n'était, pas dû à des variations d'électrisation des granules produites par les ions H ou OH; pour examiner cette question, j'ai fait des cinématographies de latex additionné d'alcool. Dans ce cas, on trouve avant la coagulation un ralentissement tout aussi intense que celui obtenu avec l'acide. Enfin, l'addition d'un corps comme l'urée qui ne coagule pas le latex ne change pas les mouvements browniens.

Il semble que l'on doive chercher l'explication de ces phénomènes dans l'adsorption de l'agent coagulant par les granules du latex; en effet des mesures d'adsorption m'ont montré que ces granules adsorbent un peu les

alcalis et qu'ils adsorbent très fortement les acides; il se formerait donc autour de chaque granule une zone d'adsorption contenant des molécules

Fig. 3.



de l'agent coagulant, qui sont retenues par le granule, et c'est cette liaison entre les granules et le coagulant qui produirait le ralentissement des mouvements browniens.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouvel iodure de titane, l'iodure titaneux* TiI^2. Note de MM. **Ed. Defacqz** et **H. Copaux**, présentée par M. A. Haller.

Il n'avait été isolé jusqu'alors qu'un seul composé d'iode et de titane, le tétraiodure préparé et étudié par Hautefeuille ([1]); il s'obtient en faisant agir l'acide iodhydrique gazeux sur le tétrachlorure de titane. En poursuivant l'étude de quelques propriétés de cette combinaison, nous avons constaté que le mercure et l'argent, agissant soit par voie humide, soit par voie

([1]) Hautefeuille, *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. VII, 1867, p. 201.

sèche, étaient capables de la réduire pour donner naissance à un nouveau composé, le biiodure; le procédé qui nous a donné les meilleurs résultats est fondé sur la voie sèche.

Préparation. — On prépare d'abord le tétraiodure par le procédé décrit par Hautefeuille (1), puis, dans un tube de porcelaine de 3^{cm} de diamètre environ, au bout duquel on place des récipients destinés à recevoir les produits volatilisés, on dispose à la suite l'une de l'autre deux nacelles; dans l'une on introduit du mercure et dans l'autre, qui se trouve du côté des récipients à condensation, le tétraiodure de titane.

L'appareil est traversé par un courant d'hydrogène sec; quand l'air est complètement chassé par l'hydrogène et tout en continuant le courant de gaz, on chauffe doucement la partie du tube où se trouve la nacelle qui contient le tétraiodure, puis celle qui contient le mercure; on élève graduellement la température; il se forme un sublimé qui contient de l'iodure de mercure et du tétraiodure qui n'a pas réagi; quand le tube a atteint la température du rouge sombre, on cesse de chauffer et on laisse l'appareil se refroidir dans le courant d'hydrogène.

La préparation est très délicate à réaliser; généralement les nacelles sont vides et le biiodure formé se trouve à l'état cristallisé près de la sortie du tube et non loin de la nacelle qui avait contenu le tétraiodure.

Propriétés. — Quand l'opération a été bien réussie, l'iodure titaneux obtenu se présente cristallisé sous la forme de fines lamelles noires et brillantes, infusibles et non volatiles, très hygroscopiques. Sa densité, prise dans la benzine, est de 4,3 à + 20°. L'alcool absolu, l'éther anhydre, le chloroforme, le sulfure de carbone, la benzine quand ils sont secs ne possèdent aucune propriété dissolvante. L'iodure titaneux n'est pas réduit par l'hydrogène au rouge sombre, mais il l'est complètement à la température du rouge blanc et laisse un résidu de titane amorphe extrêmement oxydable.

Légèrement chauffé dans un courant de chlore, le biiodure se transforme en chlorure; l'oxygène le décompose, bien avant le rouge sombre, en iode et acide titanique; le soufre et le phosphore réagissent vers leur point de fusion pour donner des composés correspondants; l'acide fluorhydrique en solution concentrée le dissout complètement sous l'influence d'une faible élévation de température; l'acide chlorhydrique gazeux fournit à chaud une combinaison jaune sublimable; en solution vers son point d'ébullition, il forme avec le biiodure une liqueur bleue; l'acide azotique l'attaque violemment à froid avec départ d'iode; il en est de même de l'acide sulfurique; l'ammoniac gazeux et sec donne un produit d'addition; en solution, cette base précipite un hydrate titaneux noir; l'eau, les alcalis en solution le décomposent.

Analyse. — La méthode que nous avons employée et qui a déjà été appliquée par l'un de nous (2) consiste à décomposer l'iodure titaneux par un courant d'air lent.

---

(1) Le tétrachlorure de titane avait été préparé et purifié par nous; nous l'obtenions en faisant agir le chlore sur le titane ou son carbure préparé au four électrique.

(2) Ed. Defacqz, *Comptes rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 962.

La substance contenue dans une nacelle est pesée à l'abri de l'air; on la place dans un tube de verre dont une extrémité est étirée et recourbée à angle droit, de manière à plonger dans une solution d'acide sulfureux contenue dans un tube à boules semblable à celui de Will et Warrentrapp; la matière est légèrement chauffée en même temps que l'appareil est traversé par un courant d'air lent; l'iode qui résulte de la décomposition se transforme dans la solution d'acide sulfureux en acide iodhydrique; on y dose l'iode à l'état d'iodure d'argent; le résidu de la nacelle, porté ensuite au rouge, est de l'anhydride titanique que l'on pèse.

Nous avons ainsi obtenu les chiffres suivants :

	I.	II.	III.	IV.	Calculé pour TiI^2 (Ti = 48).
Titane...........	15,74	15,45	15,65	16,07	15,89
Iode.............	82,97	83,00	83,10	82,72	84,10

En résumé l'action de la vapeur de mercure sur la vapeur d'iodure titanique, dans une atmosphère d'hydrogène, donne naissance, au rouge sombre, à un nouvel iodure de titane : l'iodure titaneux TiI^2.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Chaleur de neutralisation de l'acide picrique par diverses bases aromatiques en milieu benzénique.* Note de MM. **Léo Vignon** et **Évieux**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons montré, dans une Communication précédente, que l'acide acétique et l'acide benzoïque étaient dépourvus de fonction acide par rapport à l'aniline, en solution benzénique.

L'acide picrique au contraire se combine avec énergie avec un grand nombre de bases aromatiques. Voici les expériences que nous avons faites sur la formation de ces combinaisons :

Chaleur de dissolution moléculaire de l'acide picrique dans la benzine [1^{mol} $C^6H^2(NO^2)^3OH$ dissoute dans 8^l C^6H^6 vers 20°] : — 3^{Cal},80.

La solution benzénique est à peine colorée; sa coloration est très faible par rapport à une solution aqueuse beaucoup plus diluée (1 pour 100).

Acide picrique-aniline (1^{mol} de chaque composant dissous dans 8^l C^6H^6, vers 20°). Le mélange des deux solutions benzéniques donne un dégagement de chaleur considérable, correspondant à + 14^{Cal},75 (sel précipité en petits cristaux jaunes).

Ces cristaux sont solubles dans l'eau en jaune intense (0,54 pour 100 eau), solubilité dans le benzène (0,078 pour 100, C^6H^6 à 22°).

Acide picrique et toluidines : Les solutions d'acide picrique et les toluidines réa-

gissent également en donnant des picrates précipités, avec de forts dégagements de chaleur (1^{mol} de chaque composant dissous dans 8^l C^6H^6, vers 25°).

	Chaleur de saturation moléculaire.	
	Cal	
Acide picrique + *o*-toluidine.........	+16,45	(Sel solide)
» + *m*-toluidine........	+15,98	»
» + *p*-toluidine........	+18,15	»

Le picrate d'*o*-toluidine se précipite en flocons jaune orangé se transformant en 20 ou 30 secondes en cristaux blanc jaunâtre. Les deux autres picrates sont cristallins jaune clair.

Acide picrique, méthyle et éthylaniline : (1^{mol} de chaque composant dissous dans 8^l C^6H^6 vers 25°).

Picrate de monométhylaniline : $+11^{Cal},07$ (sel solide). Poudre cristalline jaune d'or, point de fusion : 134°.

Picrate de diméthylaniline : $+14^{Cal},10$ (sel solide). Poudre grenue jaune, point de fusion : 142°.

Picrate de monoéthylaniline : $12^{Cal},60$ (sel solide). Poudre cristalline jaune clair, point de fusion : 132°.

Acide picrique-diméthylorthotoluidine (1^{mol} de chaque composant dissous dans 8^l C^6H^6 vers 25°).

Picrate-diméthyl-o-toluidine : $+9^{Cal},45$ (sel dissous). Solution jaune d'or : 24 heures après le mélange, des cristaux jaune clair se déposent, point de fusion : 116°-117°.

Solubilité : 1,35 pour 100 dans C^6H^6 à 25°.

Le poids moléculaire a été déterminé par la cryoscopie.

	Trouvé.	Calculé pour le sel.	Calculé pour les éléments séparés.
Poids moléculaire..................	332,4	182	367

Acide picrique-phénylhydrazine (1^{mol} de chaque composant dissous dans 8^l C^6H^6, vers 25°).

Acide picrique + phénylhydrazine $+19^{Cal},03$ (sel solide) (dissous dans C^6H^6, vers 24°). Poudre jaune vif, point de fusion : 148°-149°.

Acide picrique-o-nitraniline. — Chaleur de dissolution moléculaire de

$$C^6H^4 \begin{cases} NO^2 \\ NH^2 \end{cases} (o),$$

(1^{mol} dans 8^l C^6H^6, vers 22°) : — $5^{Cal},51$.

Chaleur de neutralisation : acide picrique (dissous) + *o*-nitraniline (dissous)

— $0^{Cal},35$ (dissous). — Le picrate d'*o*-nitraniline a été préparé par fusion et mélangé à 80° des composants secs. On obtient, après refroidissement, une poudre cristalline rouge brique, fusible à 73°-74°.

Ce corps a été dissous dans 16^l C^6H^6, il a donné un abaissement de température correspondant pour 1^{mol} à — $8^{Cal},40$, d'où l'on tire :

Première série.		*Deuxième série.*	
Dissolution *o*-nitraniline (*a*) ...	— 5,51	Acide picrique + *o*-nitraniline .	x
» acide picrique (*b*)..	— 3,80	Dissolution picrate d'*o*-nitraniline........................	— 8,4
Mélange (*a*) et (*b*)...........	— 0,35		
	+ 9,66		x — 8,4

$$x = 8,4 - 9,66 = -1^{Cal},2.$$

Détermination du poids moléculaire, par la méthode cryoscopique :

	Trouvé.	Calculé pour le sel.	Calculé pour les éléments séparés.
Poids moléculaire.......	165,6	367	183,5

il n'y a pas de combinaison de l'acide picrique et de l'*o*-nitraniline.

La formation de picrates en solution benzénique, avec de forts dégagements de chaleur, leur précipitation, constitue un exemple de formation saline, en dehors de l'ionisation.

La conductibilité électrique des solutions benzéniques employées, soit avant, soit pendant, soit après le mélange, n'est pas appréciable.

Nous avons constaté d'autre part qu'il n'y avait pas de réactions entre les solutions benzéniques de phénol $C^6H^5.OH$, de mono et de *m*-binitrobenzène et de *p*-toluidine.

On doit conclure de ces déterminations et de celles de notre précédente Communication :

1° Que la formation de sels peut avoir lieu dans le benzène ; cette formation diffère de celle qui se produit dans l'eau ;

2° Que le benzène, ne possédant pas de pouvoir ionisant appréciable, se prête, dans des conditions particulièrement avantageuses, à l'étude thermique de la formation de certains sels. C'est ainsi qu'il atténue et annule, par rapport à l'aniline, les fonctions acides caractérisées par OH, ou CO^2H, unis à un radical hydrocarboné ;

3° La présence de plusieurs groupes NO^2 dans le radical uni à OH (acide picrique) fait apparaître la fonction acide avec une très grande intensité ;

4° L'acidité de l'acide picrique devient nulle vis-à-vis de certaines bases telles que l'*o*-nitralinine.

Nous avons constaté enfin que d'autres corps, tels que l'acide trichloracétique, dont le caractère acide est renforcé par la substitution de 3Cl à 3H, se comportaient comme l'acide picrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation directe du bornéol en acides campholique et isocampholique.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. A. Haller.

Dans l'étude que j'ai faite de la condensation à haute température de l'alcool caprylique avec son dérivé sodé ([1]), condensation produisant la soudure de 2^{mol} ou 3^{mol} de cet alcool avec formation de soude, j'avais observé la production d'une petite proportion des acides œnanthylique et formique.

Or Dumas et Stas ([2]) ont montré que les alcools primaires, chauffés vers 250° avec la soude, se transforment en sels de soude des acides correspondants. J'ai dès lors pensé que les acides œnanthylique

$$CH^3 - (CH^2)^5 - CO^2H$$

et formique

$$H - CO^2H$$

provenaient d'une oxydation analogue effectuée par la soude sur l'alcool caprylique

$$CH^3 - (CH^2)^5 - CHOH - CH^3,$$

celui-ci se dédoublant en deux acides à cause de la nature secondaire de sa fonction alcoolique.

Je poursuis en ce moment l'étude de cette action des alcalis sur les alcools secondaires.

Dans la série grasse, elle amène bien l'oxydation partielle de ces alcools avec scission de la molécule en deux acides; mais ce n'est pas là la réaction principale.

Chauffe-t-on, au contraire, à 250°-280° en tubes scellés le bornéol avec la

---

([1]) Guerbet, *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 685.

([2]) Dumas et Stas, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 2e série, t. CXXIII, 1840, p. 113.

potasse récemment fondue, on le transforme presque intégralement en acides campholique et isocampholique suivant la relation

$$C^{10}H^{18}O + KOH = C^{10}H^{17}KO^2 + H^2.$$

Ce résultat expérimental peut s'interpréter en disant que, sous l'action de la potasse, l'un des noyaux du bornéol s'est ouvert de deux manières différentes correspondant : l'une à la formation de l'acide campholique, l'autre à celle de son isomère, l'acide isocampholique :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2\\ |\\ CHOH\end{array}\right. \qquad C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\ CO^2H\end{array}\right. \qquad C^8H^{15}-CH^2-CO^2H$$

Bornéol. Ac. campholique. Ac. isocampholique.

Pour obtenir cette transformation, on prépare une série de tubes scellés contenant chacun 3g de bornéol et 5g de potasse récemment fondue, et l'on chauffe les tubes pendant 24 heures consécutives à 250°-275°. Les tubes n'éclatent jamais durant la chauffe; mais, à cause de l'attaque du verre par la potasse fondue, la plupart se brisent en gros fragments durant leur refroidissement. Ils renferment une matière solide blanc jaunâtre surmontant un peu de potasse solidifiée. Lorsqu'on ouvre ceux qui ont résisté, il se dégage seulement de l'hydrogène.

Que les tubes soient brisés ou non, on les réduit en menus fragments et on les traite par l'acide chlorhydrique étendu et par l'éther, qui dissout à la fois les produits neutres (bornéol, etc.) et les acides formés.

La solution éthérée est décantée et agitée avec une solution de soude qui dissout les acides. On sépare la liqueur éthérée, on la lave à l'eau et on la distille; elle abandonne comme résidu un produit pâteux contenant du bornéol et un peu de composés huileux, qui n'ont pas été étudiés.

La solution alcaline contient principalement les acides campholique et isocampholique : on les sépare par la méthode que j'ai donnée antérieurement [1] et qui est basée sur les propriétés différentes de ces deux acides. Tandis que l'acide isocampholique se comporte comme un acide fort, l'acide campholique est précipité de ses solutions alcalines par l'acide carbonique et n'est pas éthérifié par l'acide chlorhydrique et l'alcool. Pour séparer l'acide campholique, il suffit d'ajouter à la liqueur alcaline assez d'acide sulfurique pour qu'elle rougisse faiblement la phtaléine du phénol, puis de faire passer un courant prolongé d'acide carbonique en refroidissant par l'eau glacée. L'acide précipité est recueilli, lavé et purifié par cristallisation dans l'alcool à 80°. Il présente alors les propriétés de l'acide campholique,

---

(1) Guerbet, *Comptes rendus*, t. CXIX, 1894, p. 278.

sauf que son pouvoir rotatoire $\alpha_D = +46°,6$ est un peu inférieur à celui trouvé par de Montgolfier[1], $\alpha_D = +49°,8$, et que j'ai eu d'ailleurs l'occasion de vérifier.

Pour séparer l'acide isocampholique, il suffit d'aciduler par l'acide sulfurique la liqueur d'où l'on a déjà précipité son isomère. On le purifie en faisant cristalliser deux fois son sel de calcium dans l'alcool absolu, puis en soumettant à la distillation fractionnée son éther éthylique. La partie principale de celui-ci distille entre 228° et 232°, tandis que j'avais trouvé antérieurement que l'isocampholate d'éthyle bout à 228°-229°.

L'amide préparé en passant par l'acide et le chlorure d'acide fond à 113°-115° au lieu de 116°, point de fusion de l'amide isocampholique.

En opérant sur 36g de bornéol, j'ai obtenu ainsi 26g,5 d'acide campholique brut précipité par l'acide carbonique, 1g,10 d'acide isocampholique et 3g,30 de bornéol et de produits neutres huileux.

Cette transformation si nette du bornéol en acide campholique est intéressante en plus d'un point. Elle est probablement le type de l'action de la potasse à haute température sur les cyclanols secondaires, et c'est elle qui fournit sans doute l'acide campholique produit dans les divers modes de préparation décrits jusqu'ici pour cet acide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des éthers benzoylacétiques.* Note de M. A. **Wahl**, présentée par M. A. Haller.

Ayant eu à préparer une certaine quantité de benzoylacétate d'éthyle qui me servit de matière première pour l'obtention de l'éther benzoylglyoxylique correspondant (*Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 212), j'ai fait, au sujet de cette préparation, quelques observations qu'il est peut-être intéressant de signaler ici.

Le benzoylacétate d'éthyle a été obtenu par Claisen (*Ann. Chem.*, t. CCXCI, p. 25) en décomposant par l'ammoniaque le benzoylacétylacétate d'éthyle, ou encore en condensant entre eux le benzoate et l'acétate d'éthyle. Cette condensation s'effectue sous l'influence de l'éthylate de sodium desséché à 200° dans un courant d'hydrogène, mais les auteurs mentionnent dans une annotation que le résultat est sensiblement le même

(1) De Montgolfier, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XIV, p. 101.

si l'on opère avec du sodium métallique (Claisen et Lowman, *D. Chem. G.*, t. XX, 1887, p. 651, et brevet allemand n° 40747). C'est à ce dernier procédé que je me suis adressé.

Si l'on chauffe au bain-marie un mélange d'éther benzoïque et de sodium auquel on ajoute un léger excès d'éther acétique bien sec, il se déclare une réaction d'abord lente, puis très violente; à plusieurs reprises même, la violence de la réaction a été telle, qu'une partie du produit a été projetée hors du réfrigérant, tandis que celle qui restait dans le ballon était partiellement carbonisée. En cherchant la cause de ce phénomène, j'ai constaté que le sodium réagit, même à froid, sur le benzoate d'éthyle sans addition d'éther acétique, pour donner une masse pâteuse brune déjà signalée dans un travail de Lœwig et Werdurann (*Ann. de Poggendorff,* t. L, p. 95). Ces auteurs n'ont isolé qu'une substance résineuse mal définie, et à laquelle ils ont donné le nom *d'acide hypobenzoyleux*. J'ai réussi à obtenir un corps parfaitement défini et cristallisé en opérant dans les conditions suivantes :

30g de benzoate d'éthyle, 10g de sodium coupé en lanières et 50g d'éther anhydre ont été abandonnés en flacon bien bouché et agités de temps en temps pendant environ 3 mois ([1]). Il s'est formé alors un précipité brun pâteux sans qu'à aucun moment il y ait eu dégagement d'hydrogène. La masse séparée du sodium en excès est mélangée à de l'éther et acidifiée par de l'acide acétique glacial; le produit se décolore, il est versé dans l'eau, et la solution éthérée lavée, au carbonate de sodium pour en séparer l'acide benzoïque, est finalement évaporée. Le résidu ne tarde pas à cristalliser, les cristaux essorés et purifiés par recristallisation dans l'alcool se présentent sous forme d'aiguilles blanches fondant à 132°-133°. L'analyse leur assigne la formule $C^{14}H^{12}O^2$ de la *benzoïne*. Les eaux mères distillées dans le vide fournissent du benzoate d'éthyle inaltéré et une nouvelle portion de benzoïne, enfin il reste un résidu fortement coloré en jaune brun fluorescent; le rendement en benzoïne n'atteint que 10 pour 100 du poids d'éther benzoïque mis en œuvre.

La formation de benzoïne dans ces conditions est absolument analogue à celle des acyloïnes signalée par MM. Bouveault et Locquin dans l'action du sodium sur les éthers-sels de la série grasse (*Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1593), et l'explication d'après la théorie de ces auteurs est donnée par les équations

$$\begin{matrix} C^6H^5-CO \\ C^6H^5-CO \end{matrix}\left|\begin{matrix} OC^2H^5 \quad Na \\ + \\ OC^2H^5 \quad Na \end{matrix}\right|\begin{matrix} Na \\ \\ Na \end{matrix} = 2(C^2H^5ONa) + \begin{matrix} C^6H^5-C-ONa \\ \| \\ C^6H^5-C-ONa \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} C^6H^5-C-ONa \\ \| \\ C^6H^6-C-ONa \end{matrix} + 2H^2O = 2NaOH + \begin{matrix} C^6H^5-C-OH \\ \| \\ C^6H^5-C-OH \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5-CO \\ | \\ C^6H^5-CHOH \end{matrix}$$

([1]) Exactement du 31 octobre 1906 au 8 février de l'année dernière (1907).

Il résulte de ces faits que, si l'on met en présence du benzoate d'éthyle et du sodium, il doit se produire simultanément trois réactions : celle du sodium sur l'éther acétique, qui donne de l'acétylacétate d'éthyle; celle du sodium sur l'éther benzoïque, qui conduit à la benzoïne; et enfin celle du sodium sur le mélange des deux éthers, qui fournit le benzoylacétate d'éthyle. Pour que cette dernière soit la réaction prédominante, il faudrait se placer dans des conditions expérimentales telles que l'éther benzoïque ne se trouve pas en contact avec un excès de sodium, tout en s'arrangeant de manière que le métal ne se rencontre pas avec un excès d'éther acétique. L'expérience m'a montré que si l'on se rapproche autant que possible de ces conditions, le rendement en éther benzoylacétique est sensiblement plus élevé que celui obtenu par Claisen en utilisant l'éthylate de sodium desséché dans l'hydrogène.

En collaboration avec M. Yoshisaka, nous avons vérifié que la condensation du benzoate et de l'acétate de méthyle conduit, dans ces conditions, facilement au benzoylacétate de méthyle. Cet éther, dont les constantes ne sont pas indiquées dans la littérature chimique, est un liquide ambré bouillant sans décomposition à 152° sous 15^{mm}; sa densité est $d_0^4 = 1,173$. Nous avons caractérisé cet éther par un certain nombre de dérivés cristallisés. Son *sel de cuivre* forme une poudre cristalline vert jaunâtre fondant à 200°-201°; le *nitrosobenzoylacétate de méthyle* forme des prismes incolores fondant à 140°, le *benzène-azobenzoylacétate de méthyle* cristallise en prismes jaunes fondant à 76°, le *paranitrobenzène-azobenzoylacétate de méthyle* cristallise en paillettes jaunes fondant à 148°-149°; l'acide correspondant, c'est-à-dire l'*acide paranitrobenzène-azobenzoylacétique*

$$\begin{array}{l} C^6H^5-CO-\underset{\displaystyle\|}{C}-COOH \\ \qquad\qquad\quad\;\; N-NH.C^6H^4-NO^2 \end{array}$$

forme des aiguilles jaunes fondant à 225°-226° en se décomposant. Le benzoylacétate de méthyle permet de préparer les éthers de l'acide benzoylacétique avec les alcools plus élevés, par simple déplacement, comme dans le cas des éthers acétylacétiques (Peters, *Ann. Chem.*, t. CCLVII, p. 354). Ainsi, par ébullition, avec un excès d'alcool isobutylique, il distille de l'alcool méthylique, et le produit fractionné dans le vide fournit le *benzoylacétate d'isobutyle*, qui est un liquide légèrement jaune, bouillant à 160° sous 12^{mm}. Ces éthers serviront à la préparation des benzoylglyoxylates correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ergostérine et la fongistérine.* Note de M. C. Tanret, présentée par M. L. Maquenne.

A la suite de nouvelles recherches sur l'ergostérine, je viens de voir qu'elle se trouve accompagnée dans le seigle ergoté d'un autre corps cristallisé très voisin. Comme celui-ci paraît se rencontrer aussi chez d'autres champignons, je proposerai de l'appeler *fongistérine*.

Telle que je l'ai décrite précédemment ([1]), l'ergostérine contenait un neuvième du nouveau principe; sa revision s'impose donc.

Séparation de l'ergostérine et de la fongistérine. — Cette séparation repose sur la différence de solubilité des deux corps dans l'éther, l'ergostérine étant le moins soluble des deux. En principe, on dissout à plusieurs reprises un excès de l'ancienne ergostérine, ayant $[\alpha]_D = -114^\circ$, dans de l'éther chaud d'où, par refroidissement, elle se dépose partiellement chaque fois avec un pouvoir rotatoire qui s'élève de plus en plus jusqu'à atteindre $[\alpha]_D = -126^\circ$; on a alors *l'ergostérine* pure.

D'autre part, on concentre convenablement les eaux mères éthérées et l'on obtient toute une série de cristallisations dont le pouvoir rotatoire va en s'abaissant jusqu'à $[\alpha]_D = -22^\circ,4$. Arrivé à ce point on a la *fongistérine*.

Quant aux cristallisations dont le pouvoir rotatoire était compris entre -126° et -22°, on les soumet méthodiquement à de nombreuses dissolutions et recristallisations dans l'éther chaud jusqu'à ce qu'on les ait partagées en deux parties ayant chacune un des deux pouvoirs extrêmes, soit en ergostérine et en fongistérine, sans qu'aucun des termes intermédiaires refuse de se dédoubler. L'une et l'autre, reprises par l'alcool à 95° bouillant, s'en déposent en belles paillettes nacrées.

Ergostérine. — L'ergostérine, cristallisée de l'alcool à 95° bouillant ou de l'éther hydraté chaud, répond à la formule $C^{27}H^{42}O, H^2O$. Elle n'est pas efflorescente et ne se déshydrate complètement qu'à 105°. Replacée anhydre à l'air libre, elle y reprend rapidement son poids primitif.

Elle cristallise dans l'alcool en larges lamelles et dans l'éther en fines aiguilles qui, d'après l'examen qu'en a bien voulu faire M. Lacroix, appartiennent les unes et les autres au système monoclinique.

L'ergostérine est soluble dans 36 parties d'alcool à 95° bouillant et dans 526 parties à froid; dans 50 parties de chloroforme à 18° et quelques parties à chaud (avec déshy-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CVIII, 1889, p. 98.

dratation partielle); dans 28 parties d'éther anhydre bouillant et 50 parties à 20°; dans 50 parties d'éther hydraté bouillant et 112 parties à 20°.

L'ergostérine fond au bloc Maquenne à 165° (à l'état brut 154°).

L'ergostérine a dans le chloroforme le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -126°$ (au lieu de $-114°$) et dans l'éther $[\alpha]_D = -105°,5$.

Les constantes de ses éthers doivent être ainsi rectifiées : pour l'éther acétique $C^{27}H^{41}(C^2H^3O^2)$, $[\alpha]_D = -91°,8$ (au lieu de $-80°$) et $F = 180°,50$ (au lieu de 176°); pour l'éther formique $C^{27}H^{41}(CHO^2)$, $[\alpha]_D = -97°,9$ (au lieu de $-93°,4$) et $F = 161°,5$ (au lieu de 154°).

Fongistérine. — La fongistérine cristallise également hydratée. Elle a pour formule $C^{25}H^{40}O, H^2O$. C'est donc l'homologue inférieur de l'ergostérine. Comme celle-ci, elle ne se déshydrate pas à l'air ordinaire, mais sur l'acide sulfurique elle retient son eau de cristallisation moins énergiquement que l'ergostérine. Elle cristallise avec les mêmes apparences et, d'après M. Lacroix, dans le même système cristallin que l'ergostérine.

La fongistérine est plus soluble que l'ergostérine dans les différents solvants. Elle se dissout dans 18 parties d'alcool à 95° bouillant et dans 187 parties à froid; dans 23 parties d'éther anhydre à 22°. Le chloroforme la déshydrate en donnant une liqueur laiteuse; mais quand elle a perdu 0,90 de son eau de cristallisation dans l'air sec, elle s'y dissout complètement dans 10 parties (à 20°).

La fongistérine fond au bloc Maquenne à 144°.

Elle a pour pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -22°,4$ dans le chloroforme additionné de 2 pour 100 d'alcool absolu, et $[\alpha]_D = -12°,9$ dans l'éther.

Comme l'ergostérine, la fongistérine est un alcool monoatomique. Son éther acétique $C^{25}H^{39}(C^2H^3O^2)$ fond à 158°,5 ; il donne $[\alpha]_D = -15°,9$ dans le chloroforme et $-10°,8$ dans l'éther.

Les réactions que j'ai indiquées pour l'ergostérine brute (*loc. cit.*), au moyen soit de l'acide sulfurique monohydraté et du chloroforme, soit de l'acide azotique fumant, peuvent également servir à distinguer la fongistérine de la cholestérine. L'acide sulfurique à 90 pour 100 de SO^4H^2 permet de la différencier de l'ergostérine. Une parcelle de fongistérine projetée sur quelques gouttes de cet acide se colore en rouge rubis après quelques secondes, puis, en quelques minutes, l'acide passe au rouge violet. Avec l'ergostérine rien de tel : une coloration rouge sale n'apparaît qu'au bout d'une minute.

L'ergostérine et la fongistérine s'oxydent lentement en se colorant et devenant odorantes; aussi doit-on les conserver à l'abri de l'air dans CO^2.

Conclusion. — L'ergostérine et la fongistérine ne paraissent pas se trouver seulement dans le seigle ergoté; leur diffusion serait beaucoup plus grande. M. E. Gérard ([1]) en effet a retiré de diverses familles de Cryptogames, basidiomycètes, myxomycètes, ascomycètes, oomycètes et lichens, des cho-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXIV, 1892, p. 1544; t. CXXI, 1895, p. 723; t. CXXVI, 1898, p. 908.

lestérines bien distinctes de la cholestérine animale et de la cholestérine des végétaux supérieurs (phytostérines). « Elles se rapprochent, dit-il, par leurs propriétés particulières de l'ergostérine de Tanret; quelques-unes sont même identiques à cette dernière. C'est ce qui me conduit à dire que les cholestérines existant dans les végétaux inférieurs appartiennent toutes à un groupe bien spécial, le groupe de l'ergostérine. »

Or des recherches, entreprises depuis de divers côtés, ont confirmé la généralisation de M. Gérard. Ces corps ont des points de fusion et des pouvoirs rotatoires différents, de même que les cristallisations fractionnées qui conduisent à la séparation de l'ergostérine et de la fongistérine; ils donnent aussi les mêmes réactions caractéristiques. On peut donc admettre, jusqu'à preuve du contraire, que ceux qui ont un pouvoir rotatoire compris entre — 22° et — 126° (anhydre — 132°), et c'est le plus grand nombre, ne sont également constitués que par de la fongistérine et de l'ergostérine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude sur le rôle des levures dans l'aldéhydification de l'alcool*. Note [1] de MM. **Trillat** et **Sauton**, présentée par M. Roux.

Nous avons indiqué précédemment [2] que les levures, en dehors de la fermentation normale, étaient susceptibles de former en quelques heures des doses notables d'aldéhyde acétique aux dépens de l'alcool et de la faire ensuite disparaître peu à peu.

A propos de ces résultats, on pouvait se demander : 1° si la production d'aldéhyde était bien due à la cellule vivante; 2° si elle était attribuable à la cellule ou à une diastase oxydante provenant de la levure; 3° si le phénomène était spécifique, c'est-à-dire si l'oxydation avait lieu avec d'autres alcools; 4° si l'action s'arrêtait au terme aldéhyde.

Nos essais ont consisté, comme les précédents, à agiter, dans une bonbonne bien aérée, des levures en suspension dans des liquides alcoolisés.

I. Nos expériences antérieures ont déjà montré que les levures vivantes agissaient plus énergiquement que les corps poreux ou les levures stérilisées par la chaleur. Mais on pouvait objecter que la chaleur changeait la texture physique des cellules.

---

(1) Présentée dans la séance du 29 juin 1908.
(2) *Comptes rendus*, 11 mai 1908.

Nous avons répété nos expériences en présence d'antiseptiques; les résultats sont encore dans le même sens.

		Aldéhyde acétique pour 100 d'alcool à 100° (en milligrammes).
Levures vivantes		1100
Levures tuées	à 120°	<100
Levures tuées	bichlorure Hg	néant
Levures tuées	formol	traces
Levures tuées	ac. salicylique	<100
Levures tuées	fluorure Na	<100

(Pour les trois dernières lignes, colonne : Aldéhyde formée.)

Ces résultats sont à rapprocher de ceux de MM. Kayser et Demolon (¹).

On trouve une nouvelle confirmation du même fait en opérant avec des doses élevées de levures et d'alcool.

	Aldéhyde formée.
100^{g} levures + 5^{l} alcool 10 p. 100	800^{mg}
200 » »	1100
2000 » »	100
200^{g} levures + 5^{l} alcool 25 p. 100	800^{mg}
» » 50 p. 100	600
» » pur	500

L'alcool en excès agit comme antiseptique. Une proportion très élevée de levures ne favorise pas l'aldéhydification; c'est l'inverse qui se passe avec les corps poreux.

II. Pour savoir si le phénomène devait être attribué uniquement à la cellule de levure ou au suc qu'elle contient, nous avons fait deux expériences.

A. Dans le but de tuer la cellule, sans détruire complètement l'action de ses diastases, nous l'avons soumise à l'action du chloroforme. Après avoir chassé les vapeurs chloroformiques, les levures ont été mises en suspension dans un liquide alcoolisé à 10 pour 100 et agitées. Nous n'avons constaté, dans ces conditions, que des traces d'aldéhyde acétique.

B. Nous avons broyé des cellules de levures dans l'appareil Borrel. Le liquide a été filtré pour séparer les cellules et le filtrat clair contenant le suc des levures a été agité avec de l'alcool. Nous n'avons obtenu, dans cette expérience, que des traces d'aldéhyde acétique.

III. En opérant dans les mêmes conditions que précédemment, mais avec les alcools méthylique, propylique, butylique, isobutylique et amylique, l'aldéhyde correspondante ne s'est jamais formée. Ainsi l'expérience faite en agitant pendant 4 heures de l'alcool méthylique à 10 pour 100 avec 5 pour 100 de levures ne nous a pas permis de déceler l'aldéhyde formique

(¹) *Comptes rendus*, juillet 1907.

dans les liquides alcooliques, même en utilisant les méthodes d'analyse les plus sensibles.

IV. En procédant au dosage immédiatement après l'agitation du liquide alcoolisé avec les levures, on ne trouve pas d'éther acétique; en revanche la proportion d'aldéhyde y est élevée. On trouve au contraire une dose élevée d'éthers dans le liquide, si, après agitation, on le laisse en contact prolongé avec les levures; à ce moment l'aldéhyde a presque complètement disparu.

	Dosage après l'agitation.	Dosage après 4 jours.
Éthers	néant	316^{mg}
Aldéhyde	1100^{mg}	$< 100^{mg}$

Le maximum d'éthers correspond donc au minimum d'aldéhyde. On peut en donner une explication en faisant remarquer que l'acide acétique nécessaire à l'éthérification est fourni par une oxydation ultérieure de l'aldéhyde. Ce résultat est en conformité avec les travaux de MM. Kayser et Demolon qui, en se plaçant dans des conditions d'expériences différentes des nôtres, ont aussi remarqué cet antagonisme.

Cette formation rapide des éthers a fixé notre attention. Nous avons effectué quelques essais pour rechercher si les levures n'agissaient pas comme agents favorisant l'éthérification. Dans ce but, nous avons laissé en contact, d'une part, de l'alcool et de l'acide acétique, et d'autre part le même mélange contenant des levures en suspension. On a dosé après quelques jours, par la méthode perfectionnée de M. Duchemin [1], l'éther formé dans ces liquides, en même temps que l'acidité libre. Nos essais ont démontré qu'il y avait une accélération dans la vitesse d'éthérification en présence des levures, ce qui était confirmé par une diminution correspondante de l'acidité libre. Cette observation était intéressante à signaler, et nous nous proposons d'étudier plus complètement, dans un prochain travail, les conditions de ce phénomène et de le vérifier sur d'autres exemples.

Disparition. — Nous avons effectué quelques expériences relatives à la disparition rapide de l'aldéhyde sous l'influence des levures. Ce phénomène, que nous avons signalé dans notre dernière Note, se produit sous l'influence des levures vivantes; il n'a pas lieu en présence des levures mortes. La formation et la disparition de l'aldéhyde, dans nos expériences, sont donc soumises aux mêmes conditions.

En résumé nos expériences démontrent que l'aldéhydification de l'alcool

---

[1] *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, 1905.

atteint son maximum quand la cellule est vivante; le phénomène diminue considérablement quand la levure est tuée par la chaleur ou les antiseptiques. L'oxydation de l'alcool n'est pas produite par le suc retiré de la cellule de levure. Dans nos expériences, la réaction s'est montrée comme étant spécifique pour l'alcool éthylique. Nos essais démontrent en outre que la présence des levures a augmenté la vitesse d'éthérification.

BOTANIQUE. — *Influence des vapeurs d'acide formique sur la végétation du* Rhizopus nigricans. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que les fourmis dites *champignonnistes* confectionnent à l'intérieur de leur nid une sorte de terreau sur lequel se développent les champignons dont elles font leur nourriture. Ceux-ci offrent cette curieuse particularité de ne se présenter dans les nids qu'à l'état de mycélium et de ne se couvrir d'appareils sporifères que lorsqu'on les en retire. A quoi faut-il attribuer la non-fructification du champignon? Est-elle due, comme le disent certains naturalistes, à l'industrie des fourmis qui lui feraient subir un traitement spécial, ou bien reconnaît-elle pour cause la présence de vapeurs spéciales provenant soit de la fourmilière, soit des fourmis elles-mêmes? Pour me rendre compte de la possibilité de cette dernière hypothèse, je me suis adressé, non au champignon cultivé par les fourmis, que je ne possède pas, mais à diverses autres espèces de champignons élevés en cultures pures.

Les résultats varient d'une espèce à l'autre, mais ils ont été particulièrement nets avec le *Rhizopus nigricans*, cette moisissure si commune sur diverses substances végétales en décomposition. Ils peuvent être résumés ainsi : lorsqu'on cultive le *Rhizopus nigricans* dans une atmosphère contenant une quantité suffisante de vapeurs d'acide formique, il ne fructifie pas, c'est-à-dire reste à l'état de mycélium [1]. Si, après l'avoir laissé à cet état pendant un temps plus ou moins long, on met le tube de culture à l'air, c'est-à-dire loin des vapeurs d'acide formique, il se couvre, quelques jours après, de bouquets de sporanges. C'est, on le sait, tout à fait ce qui se passe pour

(1) Ce mycélium, d'ailleurs, quoique très abondant, est un peu affecté aussi, ce qui se reconnaît, au microscope, à la présence de quelques cloisons transversales, anormales, par conséquent, le long des filaments mycéliens, et à l'aspect *coralloïde* de quelques filaments rhizoïdes.

les champignons des fourmis, dont le mode de végétation, semble-t-il, doit provenir de la même cause ou d'une cause analogue, à laquelle le caractère industrieux des fourmis n'a rien à voir.

Je dois cependant ajouter que les résultats que je viens d'exposer ne sont obtenus que lorsque l'acide formique se trouve en quantité suffisante dans la cloche sous laquelle sont les tubes de culture.

Si les vapeurs sont moins denses, le mycélium s'y couvre de quelques sporanges, mais ceux-ci sont non seulement très rares, mais encore isolés (comme cela a lieu dans d'autres Mucorinées) et, en général, plus petits qu'à l'état normal.

Si l'on diminue encore la proportion d'acide formique, les bouquets de sporanges se forment bien normalement, mais ne mûrissent pas, ce qui se reconnaît à ce qu'ils gardent leur couleur blanche.

En résumé la présence de vapeurs d'acide formique a pour conséquence de troubler la végétation du *Rhizopus nigricans* en agissant surtout sur l'appareil reproducteur, qu'elle arrive même à faire disparaître complètement, mais sans tuer le mycélium.

BIOLOGIE. — *Sur la mémoire des marées chez* Convoluta Roscoffensis *et son altération*. Note de M. **Louis Martin**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai répété mes expériences de constatation de la mémoire des marées chez *Convoluta Roscoffensis*, dans des conditions de milieu différentes, avec un égal succès.

Ces expériences ont été semblablement concluantes en ce qui concerne l'inhibition nocturne du mouvement oscillatoire des *C.* en synchronisme avec le mouvement de la mer, inhibition normale signalée dans ma Note à l'Académie de septembre 1907. Si, durant la nuit, les *C.*, quel que soit l'état de la mer, ne restent pas à la surface du sable, elles se répandent, quel que soit l'état de la mer, sur tout le pourtour et toute la hauteur des parois du vase ainsi qu'elles font lorsque, durant le jour, on les plonge dans une nuit artificielle.

Parmi les troubles de mémoire expérimentalement provoqués que signalait cette Note, plusieurs ont fait à nouveau l'objet de semblables expériences qui ont été suivies d'un semblable résultat. J'ai notamment provoqué, et à plusieurs reprises, l'apparition d'une amnésie immédiate, totale

et définitive, en plongeant les *C.*, durant tout ou partie du jour, dans l'obscurité.

Je me suis attaché, en particulier, à varier la composition de l'eau de mer artificielle ou de solutions salines dans lesquelles étaient placées des *C.*, et me suis servi, à cet effet, de toute une série de milieux différents de ceux dont on avait déjà fait emploi. Le résultat général est demeuré le même; les *C.* manifestent la plus grande sensibilité à l'altération chimique du milieu où elles vivent; elles ne sauraient la supporter sans manifester un très grand trouble psychologique et physiologique le plus souvent suivi d'une mort rapide; mais, tandis qu'elles se montrent au plus haut point réfractaire à l'excès de salure, elles manifestent une grande aptitude à s'acclimater à une diminution notable de la salure; elles s'accommodent aussi bien d'un état d'hypotonie qu'elles s'accommodent mal d'un état d'hypertonie.

Parmi les divers facteurs nouveaux dont j'ai étudié l'action psychopathogène, il convient de signaler l'influence amnésiante des courants électriques.

Si l'on fait agir le courant électrique produit par une machine à courants alternatifs, on constate chez les *C. R.* un trouble de la mémoire des marées.

Cette altération mnémonique est plus précoce et plus profonde lorsque le courant agit sur la masse liquide dans laquelle les *C.* ont été préalablement placées, que lorsque le courant est lancé dans une masse liquide à laquelle on ajoute, après le passage du courant, les *C.*

La mémoire est d'autant plus perturbée que plus grande a été la durée ou l'intensité du courant. Avec une durée et une intensité faibles, le mouvement oscillatoire des Convolutes en expérience est très voisin du mouvement oscillatoire des Convolutes du lot-témoin. On note seulement un léger retard des *C.* électrisées; elles disparaissent sous le sable du cristallisoir 10 à 15 minutes après l'heure à laquelle les *C.* de la plage et celles du lot-témoin ont achevé leur disparition; et elles commencent à réapparaître environ 15 minutes trop tôt. Cette divergence s'accentue à mesure que la force du courant est accrue ou le temps pendant lequel il passe. Et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on obtienne, au début même de l'expérience, une inhibition du jeu du souvenir.

L'altération ou la suppression du phénomène de mémoire des marées n'est pas seulement contemporaine du courant électrique. Elle survit au courant. L'effet psychopathique produit par l'électricité est définitif.

Les *C.* s'éloignent un peu de l'électrode positive. Il arrive qu'elles meurent à son contact ou à son voisinage immédiat. Elles ne s'écartent pas de l'électrode négative; quelques-unes même courent à sa surface en manifestant une activité normale.

Il semble préférable de désigner sous le nom de *pallirimnésie* le phéno-

mène de mémoire des marées, plutôt que sous celui d'*ambotimnésie*. Le mot grec παλιρροια désigne en effet, chez les auteurs anciens, à la fois la marée montante et la marée descendante auxquelles l'une et l'autre s'applique la faculté du souvenir chez les *C. R.*

HISTOLOGIE. — *Sur la contingence de la bordure en brosse et la signification probable des bâtonnets de la cellule rénale.* Note de M. L. **Bruntz**, présentée par M. Yves Delage.

Deux points intéressant la fine structure de la cellule rénale sont particulièrement discutés : la contingence de la bordure en brosse et la signification des bâtonnets.

Chez les Thysanoures, il existe de véritables *reins* d'une anatomie simple, ils sont essentiellement constitués chacun par un *saccule* communiquant avec un *labyrinthe* qui débouche à l'extérieur.

Le saccule est une vésicule terminale à parois minces, le labyrinthe est un tube pelotonné dont la structure est complètement analogue à celle du tube contourné des reins des Mammifères, en un mot présente la structure de la *cellule rénale* (Prenant et Bouin, 1904).

Chez *Machilis maritima*, le labyrinthe est un excellent matériel d'étude, car cette partie du rein forme un canalicule unique qu'on peut suivre sur des coupes sériées et constater ainsi facilement les diverses variations d'aspect présentées par la cellule rénale suivant les différentes phases d'activité glandulaire.

Contingence de la bordure en brosse. — En ce qui concerne la cellule rénale, les avis sont partagés sur la nature, le rôle et la persistance ou la contingence de la bordure en brosse.

La plupart des auteurs reconnaissent cependant, sur les coupes, des modifications d'aspect qu'ils interprètent diversement. Mais, pour quelques-uns seulement, Disse (1892), Gurwitsch (1902), Retterer (1906), Prenant et Bouin (1904), etc., les bordures en brosse peuvent à certains moments disparaître complètement.

Au contraire, pour d'autres, Lorenz (1889), van der Stricht (1891), Nicolas (1891), Sauer (1895), Meves (1899), Monti (1905), Ferrata (1905), Regaud et Policard (1904), Théohari (1900), Rathery (1905), Policard (1908), etc., les bordures en brosse sont des formations constantes.

Or, l'étude du labyrinthe rénal des *Machilis* m'a permis de constater

indiscutablement que la *bordure en brosse de la cellule rénale est une formation contingente.*

En effet, sur des coupes, on observe des images cytologiques différentes qui correspondent à diverses périodes de l'activité glandulaire pendant lesquelles l'*épithélium possède ou non une bordure en brosse.*

Je distingue :

1° *Une période de sécrétion pendant laquelle on reconnaît l'existence d'une bordure en brosse.*

On peut encore remarquer deux phases de l'activité sécrétoire, caractérisées, l'une par un épithélium bas, une lumière glandulaire large et une *bordure en brosse de faible épaisseur, presque homogène et peu acidophile;* l'autre par un épithélium haut, une lumière glandulaire rétrécie et une *bordure en brosse de grande épaisseur, striée et franchement acidophile.*

2° *Une période d'excrétion pendant laquelle l'épithélium est complètement privé de bordure en brosse.* Celle-ci a totalement disparu sans laisser de traces; il semble qu'elle soit entrée en dissolution, ce qui peut laisser croire qu'elle représente, elle-même, une excrétion.

Lorsque la bordure en brosse a disparu, les petites vacuoles de la zone de cytoplasme qui forme le toit cellulaire peuvent déverser leur contenu dans la lumière glandulaire.

Donc, contrairement à ce que de nombreux auteurs ont décrit chez les Vertébrés, *la bordure en brosse du rein des Thysanoures apparaît et disparaît suivant les périodes d'activité glandulaire.* Le produit de la sécrétion rénale ne filtre pas à travers la bordure, mais est mis en liberté par la disparition de cette dernière.

Signification probable des bâtonnets. — Les avis des auteurs sont également partagés en ce qui concerne la constitution [1] et le rôle des bâtonnets de la cellule rénale.

D'après Renaut (1889) et Benda (1903), les bâtonnets posséderaient un rôle moteur. Ce dernier auteur a émis l'hypothèse que les bâtonnets, en se contractant, attirent le toit cellulaire vers la base et, par ce mécanisme, forcent le produit de sécrétion à filtrer à travers la bordure en brosse.

Au contraire, pour Ribadeau-Dumas (1902), Prenant et Bouin (1904), Policard (1905), les bâtonnets représenteraient des formations ergastoplasmiques.

---

[1] Voir Policard (1905).

J'émettrai une troisième hypothèse basée sur l'étude du labyrinthe rénal des *Machilis*.

A mon avis, les bâtonnets possèdent un rôle mécanique et représentent des formations de soutien.

En effet, la membrane basale du labyrinthe est doublée extérieurement de fibrilles de soutien formant un puissant réseau autour du tube glandulaire. Ce réseau, électivement colorable, est comparable à celui que Mall (1891), Ruhle (1897) et Disse (1902) ont signalé autour des tubes contournés des reins des Mammifères.

Plusieurs préparations, particulièrement démonstratives, m'ont permis de constater que les bâtonnets des cellules rénales venaient s'insérer directement sur les fibrilles de soutien qui doublent la membrane basale. Il semble donc que les bâtonnets, en prenant sur des fibrilles extérieures un solide point d'appui, doivent servir, eux aussi, de filaments de soutien.

Du reste, dans les cellules des canaux excréteurs des reins, qui ne possèdent pas de fonction glandulaire, on rencontre des formations analogues que j'ai antérieurement assimilées à des tonofibrilles.

En résumé il semble que *les bâtonnets de la cellule rénale jouent un rôle mécanique passif de formation de soutien.*

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la première circulation veineuse du Cyprin doré* (Carassius auratus *L.*). Note de M. **P. Wintrebert**, présentée par M. Yves Delage.

L'observation sur le vivant des larves transparentes de *Carassius auratus* permet de suivre avec précision le trajet des premiers vaisseaux et d'établir, par la direction des globules à leur intérieur, le sens de la circulation. La disposition anatomique constatée se trouve en opposition avec les idées générales suggérées par les travaux antérieurs ([1]). On considère, en effet, que chez les poissons la voie primitive de retour du sang veineux vers le cœur est formée par la veine caudale, *la veine sous-intestinale*, le système veineux du sac vitellin et le sinus veineux (Ziegler, 1887). On admet,

([1]) Voir in *Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwickelungslehre der Wirbeltiere*, les Mémoires de S. Mollier (1 Bd., 1. T., 1H.) et de Hochstetter (III. Bd., 2. T.), 1906.

d'autre part, depuis Hochstetter (1887) que les Téléostéens, au contraire de tous les autres Vertébrés, possèdent une circulation vitelline purement veineuse. Ces deux règles se trouvent en défaut chez *Carassius auratus*.

I. Au début de la circulation (3 jours 16 heures environ, à une température moyenne de 16°), quand l'anse terminale de l'aorte ne se prolonge pas au delà du premier tiers antérieur de la queue, le trajet du sang veineux s'accomplit par la veine caudale, une veine sus-intestinale, qui n'est autre que la *veine médiale principale du tronc* (*Stammvene* de Ziegler) bifurquée vers l'avant pour former les *veines cardinales postérieures* et les *canaux de Cuvier*. Il n'existe pas de veine sous-intestinale faisant suite à la veine caudale : celle-ci, derrière le rectum, monte vers le niveau transversal du bord inférieur des myotomes où commence la *Stammvene*; la voie est donc, jusqu'au sinus veineux, entièrement embryonnaire.

La circulation vitelline, à cette période primitive, est constituée par une vaste lacune développée à la surface du vitellus entre les canaux de Cuvier et l'oreillette. Le vitellus est alors divisé en deux parties : l'une antérieure globuleuse, l'autre postérieure allongée qui accompagne le tronc dans sa croissance. Les canaux de Cuvier, ouverts en forme d'entonnoir, s'avancent verticalement sur la boule vitelline antérieure, juste au-devant de son méridien transversal. Les globules, pressés les uns contre les autres sur toute la surface vitelline, sont mobiles, mais ils ne présentent de véritable circulation qu'en avant, où ils se trouvent entraînés en deux courants curvilignes à concavité antérieure, allant des canaux de Cuvier à l'oreillette; celle-ci, placée sur la partie antérieure et gauche du vitellus, plonge pour ainsi dire dans la lacune et aspire les globules à chaque diastole. La larve étant couchée sur le côté, la lacune se profile comme une bosse sanguine de couleur jaune orangé.

Entre les bords de l'orifice auriculaire et la paroi antérieure des canaux de Cuvier, se précise bientôt une mince membrane qui les réunit. En arrière, la limitation de l'aire globulaire est bien plus tardive; elle est fonctionnelle avant d'être anatomiquement réalisée, en ce sens que tous les globules venus des canaux de Cuvier sont rassemblés dans les deux courants qui aboutissent à l'oreillette et que ces courants sont eux-mêmes isolés, sans qu'aucun cloisonnement de la lacune existe encore. La pression d'un instrument mousse permet, à ce stade (5 jours 9 heures), de déplacer, d'un côté à l'autre, les globules pris au courant et de les refouler en arrière jusqu'à la partie postérieure de la boule vitelline.

II. Le sixième jour, la tête se redresse; la région vitelline antérieure diminue de volume, s'allonge et laisse libre en avant la chambre péricardique; les canaux de Cuvier encerclent presque complètement la limite antérieure du sac vitelline. La veine caudale s'élargit derrière l'anus et forme une sorte de sinus triangulaire à base antérieure, qui se déverse toujours uniquement dans la veine médiane du tronc. Les artères métamériques sont visibles et, dans la partie moyenne du limbe dorsal, on voit de petits arcs vasculaires dépasser les myotomes. A ce moment proche de l'éclosion, (elle a lieu de 12 à 24 heures après), sur chacune des parties latérales du sac vitellin, apparaissent, l'un derrière l'autre et successivement, des vaisseaux transversaux, à

trajet parallèle légèrement oblique en arrière. Arrivés à mi-hauteur du vitellus, ils se recourbent en avant et s'anastomosent de façon à constituer un vaisseau longitudinal commun qui mène le sang en avant dans la veine cardinale postérieure correspondante et en arrière dans la partie terminale de la veine caudale. La nature artérielle de ces vaisseaux est attestée par la direction primitive de leur trajet et, pour les branches antérieures, par la progression très nette des globules en ondées successives synchrones aux pulsations aortiques. Ils ne paraissent pas pourtant émaner directement de l'aorte, mais venir d'une artère mésentérique longitudinale, dorsale à l'intestin.

48 heures après l'éclosion, le nombre de ces vaisseaux s'est beaucoup multiplié : 27-29 de chaque côté ; les cinq derniers seulement conduisent le sang vers la veine caudale. D'autres vaisseaux très nombreux, issus probablement de la même origine, circonscrivent transversalement l'intestin et versent le sang dans une veine longitudinale sous-intestinale, en communication sur plusieurs points de son parcours avec la veine vitelline du même côté, dans laquelle elle se termine à ses deux extrémités. En traversant le foie, la veine vitelline latérale commence à présenter quelques divisions capillaires, mais elle conserve longtemps une voie principale qui aboutit directement au canal de Cuvier correspondant. A aucun moment on n'observe sur le vitellus de vaisseaux sortant du foie.

Quand le vitellus est résorbé (13e jour), chacune des veines vitellines persiste, en contact avec la partie latéro-ventrale de l'intestin, et les contractions de celui-ci en font varier le cours du sang, déterminant son arrêt ou même un retour des globules antérieurs vers la veine caudale.

Conclusions. — 1° le sang, qui revient de l'aorte caudale au cœur, chez *Carassius auratus* L., passe, dès le début de la circulation, par la *veine médiane du tronc* (Stammvene), les *veines cardinales postérieures* et les *canaux de Cuvier.* Entre ceux-ci et l'oreillette est interposée, en place du sinus veineux, une très vaste lacune sanguine qui s'étale sur toute la surface du vitellus. Il n'existe pas de veine sous-intestinale.

2° La première circulation vitelline est donc entièrement veineuse; mais ensuite *Carassius auratus* L., à l'inverse des Téléostéens étudiés jusqu'ici, et comme tous les autres Vertébrés, possède une *circulation vitelline secondaire d'origine artérielle.*

MÉDECINE. — *Étude sur l'action immunisante des dérivés bacillaires chlorés.* Note de MM. **Moussu** et **Goupil**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans des Notes précédentes nous avons indiqué quelle était l'action du chlore sur le bacille tuberculeux, étudié les propriétés physiologiques des

bacilles fortement chlorés et signalé les effets éloignés des injections de ces dérivés bacillaires sur la résistance de certains animaux d'expérience à l'infection tuberculeuse expérimentale.

Les résultats étant intéressants, nous avons cherché à serrer le problème et à préciser davantage les conditions dans lesquelles ces bacilles chlorés pourraient avoir un effet utile.

Lorsqu'au lieu de se servir de bacilles chlorés à saturation, on emploie au contraire des cultures faiblement chlorées, les effets sont différents et peuvent même varier suivant la durée d'action du chlore.

En injections sous-cutanées, ces cultures chlorées, après neutralisation de leur acidité, ne sont plus aussi facilement résorbées que celles à saturation. Elles sont irritantes, nécrosantes et se comportent au point de vue des effets à peu près comme les inoculations de bacilles tués par un procédé quelconque, provoquant la formation d'un abcès et l'apparition d'un ulcère longtemps rebelle à la cicatrisation.

Cependant, ces bacilles sont suffisamment modifiés pour être rapidement phagocytables, car si l'on emploie ces mêmes émulsions en injections intraveineuses, on ne retrouve plus trace de ces injections dans les poumons quelques jours ou quelques semaines après. Si toutefois on utilise des doses massives pour ces injections intra-veineuses, des effets toxiques immédiats peuvent être obtenus, et il est possible de tuer instantanément ou en quelques minutes de petits animaux d'expériences. Le lapin est particulièrement sensible aux dérivés de cultures de tuberculose bovine.

Avec des doses moindres, on n'a pas d'effets mortels immédiats, on ne produit pas l'évolution de tuberculose expérimentale, mais on provoque à volonté une forme spéciale de pneumonie avec hépatisation grise, toujours la même, et dont nous poursuivons une étude approfondie.

Il était dès lors indiqué de rechercher ce que devenait la résistance de l'organisme des animaux d'expérience après une, deux, ou plusieurs injections intra-veineuses, de ces dérivés bacillairès faiblement chlorés.

Le cobaye étant dans les laboratoires exposé à trop de causes imprévues de mortalité, pour pouvoir être avec certitude conservé pendant longtemps, ces essais furent tentés sur le chien et le lapin.

Le chien prend en effet, avec la plus grande facilité, la tuberculose humaine, et le lapin la tuberculose bovine.

Dans ces conditions, nous avons remarqué qu'une seule inoculation de bacilles faiblement chlorés ne donnait en général pas de résistance marquée à la tuberculose

expérimentale, même en laissant s'écouler un temps très long entre cette inoculation et l'inoculation d'épreuve. Lorsque, au contraire, on pratique plusieurs inoculations à 1 ou 2 mois d'intervalle, et qu'après un repos de 2 mois (délai qui nous paraît indispensable), on soumet ensuite ces animaux d'expériences à des inoculations virulentes, les effets vaccinants nous ont paru très évidents.

Sur des séries de lapins soumis aux injections intra-veineuses de tuberculose bovine, dans tous les cas, les témoins prirent une forme grave, et sans exception les sujets traités ne présentèrent que des lésions très minimes et quelquefois absolument nulles.

Chez les chiens, avec la tuberculose humaine, les résultats furent identiques; tous les témoins contractèrent une forme grave et quelques-uns succombèrent dans des délais très courts, les animaux préparés ne présentèrent à l'autopsie que des lésions insignifiantes.

Sans vouloir produire prématurément une affirmation grosse de conséquences, nous estimons que par le procédé des bacilles chlorés, et dans des conditions éminemment plus commodes et moins dangereuses, on peut obtenir chez les petits animaux (chiens et lapins), au point de vue immunisation contre la tuberculose expérimentale, au moins autant qu'avec les procédés de vaccination jusqu'à ce jour signalés.

GÉOLOGIE. — *Sur les alluvions quaternaires de la Loire et de l'Allier.* Note de M. E. Chaput.

Les alluvions anciennes de la Loire et de l'Allier, entre Gien et Moulins, deviennent rares dès qu'on s'élève à une trentaine de mètres au-dessus des vallées et l'on admet souvent que, depuis le Pliocène, le niveau des deux fleuves n'a subi que de faibles variations. En réalité on peut suivre, sur les plateaux dominant l'Allier ou la Loire, divers lambeaux d'une nappe d'alluvions quaternaires où se trouvent associés des éléments volcaniques et des graviers provenant de sables tertiaires remaniés. La surface de ces alluvions forme, à 55^m-60^m au-dessus du thalweg, une terrasse très régulière, suivant rigoureusement la pente des vallées.

1° Entre Cosne et Gien, les côteaux des bords de la Loire sont formés de sables jaunes bien stratifiés, avec lits de galets à la partie supérieure. Ces sables ont été regardés jusqu'ici comme pliocènes, mais M. Dollfus les a considérés récemment comme contemporains des sables de la Sologne (Miocène inférieur). Leur surface forme une terrasse à 58^m au-dessus du fleuve. Mais en différents points (au nord de Briare, à l'ouest de Thou, entre Neuvy et Cosne, etc.), on trouve au sommet de la terrasse, sur une épais-

seur d'au moins 2^m, des sables différents. Par la variété de couleur de leurs éléments, ces sables supérieurs sont comparables à ceux des alluvions modernes et bien distincts des sables tertiaires uniformément jaunes. Malgré la petitesse des éléments, on peut y reconnaître par divers procédés un grand nombre de grains basaltiques. (L'électro-aimant sépare facilement les basaltes, et l'on peut également les reconnaître à la couleur violette qu'ils prennent si l'on dissout la patine d'oxydation qui les recouvre. Leur densité mesurée par les liqueurs lourdes est la même que celle des basaltes des alluvions modernes; enfin on y trouve au microscope des cristaux d'olivine.) Par l'abondance des basaltes ($\frac{1}{15}$ du poids total), ces sables sont quaternaires; on peut donc affirmer que la terrasse de 60^m a été formée ici à l'époque quaternaire, par remaniement des sables tertiaires sous-jacents et apports nouveaux d'éléments volcaniques. Il est impossible de suivre cette terrasse en aval de Gien, l'érosion ayant démantelé les côteaux d'altitude comparable, pour ne laisser subsister que la terrasse de 36^m, entre Gien et Dampierre.

2° Entre Moulins et Varennes-sur-Allier, les plateaux de 60^m au-dessus de l'Allier sont généralement formés par les sables miocènes (sables du Bourbonnais) fossilifères à Givreuil. Mais M. de Launay a indiqué depuis longtemps que la surface de ces sables avait dû être remaniée à l'époque quaternaire. En suivant le plateau perpendiculairement à l'Allier, entre le pont de Chaseuil et Montoldre, on trouve (aux Salnins, par exemple), dans les sables du sommet de la terrasse (58^m) de nombreux graviers d'un blanc mat, identiques aux trachytes du Puy-de-Dôme aussi bien par l'aspect extérieur que par la structure microscopique. Lorsqu'on s'éloigne de l'Allier ces sables disparaissent et l'on ne rencontre plus que les galets remaniés du Miocène. Ici encore, la terrasse de 60^m, bien que fréquemment formée par des éléments empruntés au Miocène, doit être considérée comme quaternaire, par l'abondance des graviers volcaniques dans les sables supérieurs.

D'après ces observations, on doit attribuer au Quaternaire, même si l'on ne retrouve pas de graviers volcaniques, la nappe caillouteuse de remaniement qui forme presque partout la terrasse de 60^m. Il en est de même dans la haute vallée de la Loire en amont de Nevers :

Cette terrasse existe nettement, par exemple dans le Roannais, entre Briennon et Riorges, et vient rejoindre obliquement, au nord du ravin de Villerest, à 57^m au-dessus du thalweg, les défilés creusés par la Loire dans le plateau carbonifère de Neulise. Les plateaux de Nervieux et de Poncins prolongent le terrasse précédente à travers le Forez et l'on y voit apparaître progressivement les basaltes. Enfin, plus au Sud, quelques banquettes en pleine roche établissent la liaison avec les terrasses de Saint-Vincent-sur-Loire et du Velay. Au nord du Puy, la nappe caillouteuse de 55^m passe sous le basalte de Montredon; elle est certainement quaternaire, la vallée du Pliocène supérieur s'étendant à 200^m au-dessus du lit actuel. (Les sables à Mastodontes, contenant à la base l'*Elephas meridionalis,* forment à leur sommet une terrasse typique de 200^m sous la coulée basaltique de la Garde de Taulhac.)

Cette régularité des terrasses de la Loire et de l'Allier est faite pour sur-

prendre au premier abord, la Loire actuelle étant très éloignée de son profil d'équilibre et traversant une série de défilés à pente rapide entre des bassins à pente plus faible. La constance des niveaux d'alluvions montre que ces variations de pente, déterminées par la nature des roches sous-jacentes, existaient déjà au Quaternaire et que nulle différence fondamentale n'apparaît dans le creusement des deux vallées.

M. **Giulio Costanzi** adresse une Note intitulée : *Sur la modification de l'équilibre élastique de la Terre.*

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

H. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 juin 1908.

Marcelin Berthelot, Commemorazione letta nell' adunanza a Classi Unite dell 8 marzo 1908 dal socio Icilio Guareschi. (Extr. des *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino,* 2e série, t. LIX.) Turin, Carlo Clausen, 1908; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Inventaire général des richesses d'art de la France. Province. Monuments civils;* t. VIII. Paris, Plon-Nourrit et Cie, 1908; 1 vol. in-4°.

Carte des gisements de coquilles comestibles : 1° De la côte nord du Finistère ; 2° De la côte du Morbihan comprise entre la Vilaine et la rivière d'Auray (la Carte représente l'état des gisements en décembre 1907), dressée par M. L. Joubin. Paris, Erhard frères; 2 feuilles in-plano. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

L'évolution souterraine, par E.-A. Martel, avec 80 figures. (*Bibliothèque de Philosophie scientifique.*) Paris, Ernest Flammarion, 1908; 1 vol. in-12°. (Hommage de l'auteur.)

Géologie, par Stanislas Meunier. Paris, Vuibert et Nony, 1908; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Pluies, rivières et sources, par P. Garrigou-Lagrange. (Extr. des publ. de *L'Arbre et l'Eau;* Congrès de Limoges, 1907.) Limoges, Ducourtieux et Gou, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

L'Arbre et l'Eau, Société Gay-Lussac; *Premier Congrès, Limoges,* 1907; fasc. 1 et 2. Limoges; 2 fasc. in-8°.

Les races de l'Europe : I. La taille en Europe, par J. Deniker. (Assoc. franç. pour l'av. des Sc.; Congrès de Lyon, 1907.) Paris, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Recueil des Notices et Mémoires de la Société archéologique du département de Constantine; 4e série, t. X, année 1907. Paris, R. Roger; Alger, Jourdan, 1908; 1 vol. in-8°.

The study of stellar evolution, an account of some recent methods of astrophysical research, by George Ellery Hale. (*The decennial publications of the University of Chicago;* 2e série; t. X.) Chicago, 1908; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

ERRATA.

(Séance du 22 juin 1908.)

Note de M. *Vallot,* L'ablation de la mer de glace de Chamonix pendant 15 ans et pendant 50 ans :

Page 1356, lignes 12 et 11, en remontant, *supprimer les altitudes* 3755m et 2250m.

(Séance du 29 juin 1908.)

Note de M. *A. Lacroix,* Sur une nouvelle espèce minérale et sur les minéraux qu'elle accompagne dans les gisements tourmalinifères de Madagascar :

Page 1367, ligne 6, en remontant, *au lieu de* 1889, *lisez* 1899.
Page 1371, ligne 14, *au lieu de* de ses minéraux, *lisez* des minéraux.

Note de M. *Gouy,* Mesures électrocapillaires par la méthode des larges gouttes :

Page 1374, dans la 2e équation, *au lieu de* $\frac{a^2}{r}$, *lisez* $\frac{a^3}{r}$.

Page 1375, 11e ligne, *au lieu de* vous donne, *lisez* nous donne.